



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVALES

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL
SUELO EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE
VIDA SILVESTRE YANKAY**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR: GIAN JASMANY ALAVA PERLAZA

DIRECTOR: Ing. VICENTE JAVIER PARRA LEÓN, M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Gian Jasmany Alava Perlaza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gian Jasmany Alava Perlaza, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de mayo de 2024



Gian Jasmany Alava Perlaza

080333943-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE YANKAY**, realizado por el señor: **GIAN JASMANY ALAVA PERLAZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Alex Vinicio Gavilanes Montoya, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



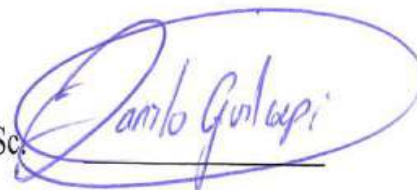
2024-05-06

Ing. Vicente Javier Parra León, M.Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-05-06

Ing. Edmundo Danilo Guilcapi Pacheco, MSc.
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-05-06

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por guiarme, darme fuerzas y valor para seguir adelante con mis estudios, y por no desmayar nunca. A mis padres, familiares y amigos por su amor, comprensión, apoyo y consejos, siempre estuvieron para mí. A mis profesores, compañeros de clase y todas las personas que contribuyeron a mi formación, gracias por su enseñanza, colaboración y estímulo. Este logro es de todos los que me acompañaron y apoyaron en este viaje. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Gian Alava

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios y realizar esta investigación. Agradezco especialmente al Centro de Bioconocimiento – ESPOCH y al director de mi tesis, Vicente Parra, por su orientación, apoyo y dedicación a lo largo de este proyecto. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

Agradecer a mi asesor, Danilo Guilcapi, por su invaluable guía y consejos durante todo el proceso de investigación. Su paciencia y disponibilidad fueron clave para superar los desafíos que surgieron en el camino.

Agradezco de manera especial a la técnica de laboratorio, Elizabeth Pachacama, por su colaboración en la realización de los análisis de laboratorio necesarios para este estudio.

Gian Alava

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA de investigación.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos.....	4
<i>1.2.1 Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>4</i>
1.3 Justificación.....	4
1.4 Pregunta de investigación	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Suelo.....	6
2.1.1. Factores de formación de suelos.....	6
<i>3.1.1.1. Clima.....</i>	<i>6</i>
<i>3.1.1.2. Organismos.....</i>	<i>6</i>
<i>3.1.1.3. Topografía</i>	<i>7</i>
<i>3.1.1.4. Material parental.....</i>	<i>7</i>

2.2.	Edad de los suelos en Ecuador	7
2.3.	Propiedades físicas del suelo	8
2.3.1.	Textura	8
3.1.1.5.	<i>Clases textuales</i>	9
2.3.1.1.	<i>Suelo arenoso</i>	11
2.3.1.2.	<i>Suelo Franco Arenoso</i>	11
2.3.1.3.	<i>Suelo Franco</i>	11
2.3.1.4.	<i>Suelo Franco Limoso</i>	12
2.3.1.5.	<i>Suelo Franco Arcilloso</i>	12
2.3.1.6.	<i>Suelo Arcilloso</i>	12
2.3.2.	Estructura	12
2.3.3.	Densidad	13
2.3.4.	Temperatura	13
2.3.5.	Capacidad de aire	13
2.3.6.	Capacidad de agua	14
2.3.7.	Compactación	14
2.3.8.	Efectos de la compactación del suelo	14
2.3.9.	Color	15
2.3.10.	Porosidad	15
2.3.11.	Profundidad	15
2.4.	Pedón	16
2.5.	Polipedón	16
2.5.1.	Horizontes	17
2.5.2.	Perfiles del suelo	17
2.6.	Morfología y caracterización de los suelos	17
2.7.	Muestreo de suelo	18
2.8.	Transecto altitudinal	18
2.9.	Áreas Protegidas	18
2.9.1.	Refugio de vida silvestre	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.	Localización.....	20
3.1.1.	Área de estudio.....	20
3.1.2.	Ubicación geográfica.....	20
3.2.	Caracterización del lugar.....	21
3.2.1.	Clima.....	21
3.2.2.	Precipitación	21
3.2.3.	Temperatura.....	21
3.2.4.	Humedad relativa.....	21
3.2.5.	Zona de vida.....	21
3.2.6.	Piso altitudinal.....	22
3.3.	Materiales	22
3.3.1.	Materiales de campo.....	22
3.3.2.	Materiales de laboratorio.....	22
3.3.2.1.	Equipos.....	22
3.3.2.2.	Reactivos.....	22
3.4.	Metodología.....	22
3.4.1.	Nivel de investigación.....	22
3.4.2.	Diseño de investigación	23
3.4.2.1.	Documental-Bibliográfica	23
3.4.2.2.	De campo.....	23
3.4.3.	Enfoque de investigación.....	23
3.4.4.	Muestreo.....	24
3.4.4.1.	Recolección de muestras.....	24
3.4.5.	Objetivo 1: Caracterizar los perfiles y horizontes del suelo mediante calicatas	24
3.4.6.	Objetivo 2: Determinar el color, estructura, textura, porosidad, profundidad y compactación de las muestras del suelo obtenidas.....	25

3.4.6.1. Color.....	25
3.4.6.2. Estructura.....	25
3.4.6.3. Textura.....	25
3.4.6.4. Porosidad.....	26
3.4.6.5. Profundidad.....	28
3.4.6.6. Compactación.....	28
3.4.7. Objetivo 3: Determinar la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo.....	28
3.4.8. Objetivo 4: Elaborar un mapa de las propiedades físicas del suelo en el transecto de estudio, utilizando sistemas de información geográfica (SIG)	31
3.4.8.1. Procedimiento.....	31

CAPÍTULO IV

4. Marco de análisis e interpretación de resultados.....	32
4.1. Caracterización de las propiedades físicas de los perfiles y horizontes del suelo	32
4.1.1. Unidad muestral 1.....	32
4.1.1.1. Horizonte O	32
4.1.1.2. Horizonte A.....	33
4.1.1.3. Horizonte E.....	33
4.1.1.4. Horizonte C.....	33
4.1.2. Unidad muestral 2.....	33
4.1.2.1. Horizonte O	34
4.1.2.2. Horizonte A.....	34
4.1.2.3. Horizonte E.....	34
4.1.2.4. Horizonte B.....	35
4.1.2.5. Horizonte C.....	35
4.1.3. Unidad muestral 3.....	35
4.1.3.1. Horizonte O	36
4.1.3.2. Horizonte A.....	36

4.1.3.3.	<i>Horizonte E</i>	36
4.1.3.4.	<i>Horizonte C</i>	36
4.1.4.	<i>Unidad muestral 4</i>	37
4.1.4.1.	<i>Horizonte O</i>	37
4.1.4.2.	<i>Horizonte A</i>	37
4.1.4.3.	<i>Horizonte E</i>	38
4.1.4.4.	<i>Horizonte C</i>	38
4.1.5.	<i>Unidad muestral 5</i>	38
4.1.5.1.	<i>Horizonte A</i>	39
4.1.5.2.	<i>Horizonte E</i>	39
4.1.6.	<i>Unidad muestral 6</i>	39
4.1.6.1.	<i>Horizonte O</i>	40
4.1.6.2.	<i>Horizonte A</i>	40
4.1.6.3.	<i>Horizonte E</i>	40
4.1.6.4.	<i>Horizonte C</i>	40
4.1.7.	<i>Espesor de horizontes del suelo en las unidades muestrales</i>	40
4.2.	Color, estructura, textura, porosidad, profundidad y compactación de las muestras del suelo	42
4.2.1.	<i>Color</i>	42
4.2.2.	<i>Estructura</i>	43
4.2.3.	<i>Textura</i>	43
4.2.4.	<i>Porosidad</i>	44
4.2.5.	<i>Relación entre densidad Aparente (g/cm³) con la textura y estructura del suelo</i>	46
4.2.6.	<i>Profundidad</i>	47
4.2.7.	<i>Compactación</i>	48
4.2.7.1.	<i>Unidad muestral 1</i>	48
4.2.7.2.	<i>Unidad muestral 2</i>	48
4.2.7.3.	<i>Unidad muestral 3</i>	49
4.2.7.4.	<i>Unidad muestral 4</i>	49

4.2.7.5.	<i>Unidad muestral 5</i>	50
4.2.7.6.	<i>Unidad muestral 6</i>	50
4.3.	Calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo	52
4.3.1.	<i>Textura</i>	52
4.3.2.	<i>Estructura</i>	52
4.3.3.	<i>Porosidad</i>	53
4.3.4.	<i>Color</i>	54
4.3.5.	<i>Profundidad</i>	54
4.3.6.	<i>Compactación</i>	55
4.3.7.	<i>Ponderación de la evaluación de la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo</i>	56
4.4.	Mapas de las propiedades físicas del suelo	57
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación de las clases textuales	9
Tabla 2-3: Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas.	10
Tabla 2-4: Clasificación de la profundidad efectiva del suelo	16
Tabla 3-1: Indicadores físicos de la calidad del suelo.....	29
Tabla 3-2: Evaluación de los indicadores físicos de la calidad del suelo	31
Tabla 4-1: Color del suelo.....	42
Tabla 4-3: Estructura del suelo.	43
Tabla 4-4: Textura del suelo.	43
Tabla 4-5: Porosidad total, macroporosidad densidad aparente y densidad real.	44
Tabla 4-6: Relación entre densidad aparente (g/cm^3), textura y estructura del suelo.	46
Tabla 4-7: Profundidad del suelo.....	47
Tabla 4-8: Compactación de suelo UM1.	48
Tabla 4-9: Compactación de suelo UM2.	48
Tabla 4-10: Compactación de suelo UM3.	49
Tabla 4-11: Compactación de suelo UM4.	49
Tabla 4-12: Compactación de suelo UM5.	50
Tabla 4-13: Compactación de suelo UM6.	50
Tabla 4-14: Evaluación de la textura del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.....	52
Tabla 4-15: Evaluación de la estructura del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.....	52
Tabla 4-16: Evaluación de la porosidad del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.....	53
Tabla 4-17: Evaluación del color del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.....	54
Tabla 4-18: Evaluación de la profundidad del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.....	54
Tabla 4-19: Evaluación de la compactación del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.	55
Tabla 4-20: Ponderación de la evaluación de la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo.....	56

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Composición y límites de las doce clases texturales.....	10
Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del Refugio de vida silvestre Yankay.	20
Ilustración 4-1: Calicata del perfil 1.....	32
Ilustración 4-2: Calicata del perfil 2.....	34
Ilustración 4-3: Calicata del perfil 3.....	35
Ilustración 4-4: Calicata del perfil 4.....	37
Ilustración 4-5: Calicata del perfil 5.....	38
Ilustración 4-6: Calicata del perfil 6.....	39
Ilustración 4-7: Horizontes del suelo en cada unidad muestral.	41
Ilustración 4-9: Porosidad del suelo.	45
Ilustración 4-10: Relación entre densidad aparente (g/cm^3), textura y estructura del suelo.....	46
Ilustración 4-11: Profundidad del suelo.	47
Ilustración 4-12: Compactación del suelo.	51
Ilustración 4-14: Comportamiento de los indicadores de evaluación.....	57
Ilustración 4-15: Mapa de color del suelo.	57
Ilustración 4-16: Mapa de estructura del suelo.....	58
Ilustración 4-17: Mapa de texturas del suelo.....	59
Ilustración 4-18: Mapa de porosidad del suelo.....	60
Ilustración 4-19: Mapa de profundidad del suelo.....	61
Ilustración 4-20: Mapa de compactación del suelo del suelo.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: SALIDAS DE CAMPO

ANEXO B: ANÁLISIS EN LABORATORIO

ANEXO C: RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS EN LABORATORIO

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar las propiedades físicas del suelo en un transecto altitudinal del refugio de vida silvestre Yankay. La metodología implantada tuvo un enfoque mixto con un nivel descriptivo y exploratorio, para el muestreo se subdividió el área en 6 unidades muestrales y se utilizó el método estratificado de forma aleatoria, realizando 15 submuestras por cada unidad muestral, se llevó a cabo una investigación documental y de campo para obtener la información respectiva a través de métodos, técnicas e instrumentos, entre los cuales fueron calicatas, laboratorio, manual de evaluación visual de la calidad del suelo y la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG). Una vez aplicadas todas las técnicas de caracterización se obtuvo que, los horizontes que predominan en la zona de estudio son los A y E, con respecto a las propiedades físicas la estructura preponderante fue granular, cuentan con una textura franco arenosa y franco limosa, su porosidad es media alta, la profundidad encontrada es de suelos pocos profundos y con baja resistencia a la penetración, por último, el color identificado fue 10YR que indica minerales húmicos, fúlvicos y cuarzo, presentando una calidad de suelos moderados a buenos. Se concluyó que, a pesar de la intervención humana en ciertas unidades muestrales, las propiedades físicas del suelo se han conservado adecuadamente, lo que demuestra su capacidad para mantener la calidad a pesar de los cambios de uso.

Palabras clave: <PROPIEDADES FÍSICAS>, <SUELO>, <INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO>, <REFUGIO DE VIDA SILVESTRE YANKAY>, <RIO NEGRO>, <PERFILES Y HORIZONTES DEL SUELO>, <BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO>.

0459-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The objective of the present investigation was to characterize the physical properties of the soil in an altitudinal transect of the Yankay wildlife refuge. The methodology implemented had a mixed approach with a descriptive and exploratory level, for sampling the area was subdivided into 6 sample units and the stratified method was used randomly, carrying out 15 subsamples for each sample unit, a documentary and field investigation was carried out to obtain the respective information through methods, techniques and instruments, among which were pits, laboratory, manual for visual evaluation of soil quality and the use of geographic information systems (GIS). Once all the characterization techniques were applied, it was obtained that the horizons that predominate in the study area are A and E, according to the physical properties, the predominant structure was granular, they have a sandy loam and silty loam texture, their porosity is medium high, the depth found is shallow soils with low resistance to penetration, finally, the color identified was 10YR which indicates humic, fulvic and quartz minerals, presenting a moderate to good soil quality. It was concluded that, despite human intervention in certain sample units, the physical properties of the soil have been adequately preserved, which demonstrates its ability to maintain quality despite changes in use.

Keywords: <PHYSICAL PROPERTIES>, <SOIL>, <SOIL QUALITY INDICATORS>, <YANKAY WILDLIFE REFUGE>, <RIO NEGRO>, <SOIL PROFILES AND HORIZONS>, <PREMONTANE HUMID FOREST>.



Lic. Lorena Cecilia Hernández Andrade. Mcs.

180373788-9

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos más importantes para la vida, la mayoría de los alimentos se obtienen de esta fuente natural para los seres vivos, además de que, dependen de este para la estabilidad en la Tierra. Para llegar a la formación pasa por un proceso a través de miles de años y que está compuesto por material parental, clima, relieve y tiempo, para obtener de resultado la capa delgada y superficial. Este ha sido un elemento de estudio durante mucho tiempo ya que hay ciertos componentes que afectan a las propiedades fisicoquímicas del recurso y otros que benefician al desarrollo y la diversidad que alberga este (Vargas Merchan, 2012, p.1).

Uno de los problemas que presenta la mejora de funciones del suelo para así, proporcionar beneficios a los seres vivos es la ausencia total o parcial de nutrientes. Así mismo, la implementación de estrategias de conservación puede presentar dificultades al ejecutar en un suelo degradado ya que a veces, en ciertos casos, en este se pudo haber llegado a degradar a un nivel demasiado alto y que las técnicas de restauración no faciliten buenos resultados (Béltran Ramos, 2021,p.10).

Viracocha García, (2018) expresa que el país es considerado megadiverso a nivel mundial porque posee una gran cantidad de especies en cuanto a flora y fauna, y la variedad de ecosistemas que coexisten a nivel local y regional. Por otro lado, para la preservación y protección de cada área protegida es un desafío, para la búsqueda de alternativas para conseguir la cooperación de otras instituciones u organizaciones para la toma de acciones de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

La institución que integra a la protección y conservación de la vida silvestre, ecosistemas y la flora del Ecuador, es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas que busca garantizar la cobertura y conectividad de los ecosistemas y la interacción de los seres vivos que integran en él. Este sistema administra el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) que es un organismo autoritario a nivel nacional, que se encargar de diseñar políticas y coordinar planes, programas y proyectos para el cuidado de los ecosistemas Viracocha García, (2018).

La gestión del medio ambiente aporta de manera positiva a reducir los índices de pobreza, educación, valor cultural, a la generación de empleo e ingresos, así como también fomenta al desarrollo sostenible y comunitario en el ámbito ambiental y social mediante actividades como la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura. El desarrollo de implementar y gestionar acciones para cuidar la naturaleza brinda la posibilidad de llevar a cabo investigaciones, educación ambiental, actividades como la recreación y el ecoturismo (Senatore, 2020).

Las áreas protegidas se encuentran cubiertas por el 20% del territorio que tiene un total en hectáreas de 26.192,821.21 , distribuidas en cuatro regiones a nivel nacional en algunas provincias del país con 74 Áreas Protegidas (Viracocha García, 2018, p. 55). El análisis de las propiedades físicas del suelo este compuesto por algunas características que cumplen algunas funciones y algunos usos que son benefactores para el ser humano. En la conservación de este recurso se requiere saber e identificar ciertos parámetros físico- químicos, que permite conocer el estado del suelo, que ya sea que se observe de manera física en buen o mal estado este bien (Flores Delgadillo y Alcalá Martínez 2010).

El área de investigación se localiza en el cantón Baños, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo iniciará con la gestión de esta futura área protegida la cual cuenta con una extensión de 200 hectáreas, que incluye una gran variedad de animales y plantas. El uso potencial de esta zona, es muy relevante para el manejo y conservación de la flora y fauna que existe, así como promover el desarrollo científico y la investigación en el área natural. Se extiende desde lugares bajos hasta altos o elevados, lo que varía la altitud de la zona que puede tener ciertos cambios de fenómenos climáticos, que provoca la abundancia y riqueza de varias especies y modifica la composición y estructura del ambiente (ESPOCH,2022).

En esta investigación se propone con el fin de conocer los parámetros físicos, para así, determinar la salud del suelo a través del análisis y observación de campo para explicar por criterios la textura, estructura, durabilidad, humedad, consistencia, porosidad, drenaje y profundidad efectiva, para la toma de acciones sostenibles que puede tener un impacto positivo para el sitio.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad la gran mayoría de áreas de suelo se encuentran en proceso de degradación o degradados totalmente, debido a como lo menciona la (IUCN,2019), que el recurso suelo está siendo afectado negativamente de manera paulatina por los procesos directos o indirectos del hombre. Además, esto causa impactos negativos en la diversidad de especies, reduce los procesos y funciones de los servicios ecosistémicos y también la productividad del suelo.

Las Áreas Protegidas hoy en día presentan varios desafíos, porque a más de ser claves para albergar biodiversidad cumplen roles ecológicos, sociales y económicos; y de las que el 81% no se encuentran protegidas totalmente debido al corto financiamiento que se les otorga estos sitios, y el otro 33% pertenece al Patrimonio Natural que está en proceso de desaparecer provocado por la contaminación global (IUCN,2019).

La intervención del hombre causa una alteración grave a lo largo del tiempo por lo que altera de manera significativa a otros componentes que integra el suelo como el clima, océano, aire, etc. Por lo que puede resultar una mayor probabilidad de fenómenos naturales. Otro gran problema que influye en la valoración de la salud del suelo, es la falta de datos que genera ciertas limitaciones para entender las funciones que cumple el suelo en zonas altas, medias y bajas, en áreas de transición en el que puede variar de acuerdo a clima, cobertura de vegetación, geología en lo que se puede desarrollar una formación más profunda del terreno.

Las consecuencias del mal uso y manejo del recurso suelo pueden ir desde la sequía, migración de especies de animales, aumento de pobreza y reducción de seguridad alimentaria. Por lo que hoy en día, se realizan trabajos para abordar estos temas que van desde condicionados hasta inconclusos, lo cual dificulta la planificación de estrategias de manejo y conservación.

Además, la carencia de datos previos sobre las características edáficas en el sitio limita la comprensión de los procesos que rigen el suelo que se encuentra en una zona de transición del flanco oriental, donde esta condición puede dar lugar a variaciones significativas en la geología, el clima y la vegetación, lo que potencialmente se traduce en una heterogeneidad edáfica aún más pronunciada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar las propiedades físicas del suelo en un transecto altitudinal del refugio de vida silvestre Yankay.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los perfiles y horizontes del suelo mediante calicatas en el refugio de vida silvestre Yankay.
- Determinar el color, estructura, textura, porosidad, profundidad y compactación de las muestras del suelo obtenidas.
- Determinar la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo.
- Elaborar un mapa de las propiedades físicas del suelo en el transecto de estudio, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).

1.3 Justificación

Las áreas protegidas son importantes para la preservación, protección y conservación de zonas gran valor. En estos sitios se identifica por su tipo de entorno natural, por lo que, es imprescindible reconocer, los diferentes climas, la vegetación, la diversidad biológica, el acceso al recurso hídrico, el rango altitudinal, los indicadores biofísicos, como también, la división geográfica de cada territorio, los diversos desastres naturales.

Actividades como sobreexplotación de los bienes, deforestación, expansión urbana, sobrepastoreo, entre otras ha generado una modificación muy grave a las características que posee esta capa superficial, con esto también puede elevar hasta a un grado que sea imposible de efectuar estrategias de restauración. Del mismo modo, la gestión insostenible puede generar cambios irreversibles debido a que no se toman las acciones adecuadas.

Esta investigación tiene como propósito analizar las propiedades físicas del suelo para identificar las características de cada una de ellas. Con esta información, podemos comprender cómo influyen en la firmeza del suelo, su capacidad de soporte, permeabilidad a las raíces, aireación, drenaje, retención de agua, plasticidad y capacidad para retener nutrientes. De esta manera,

podemos explicar e interpretar el estado del suelo tanto en campo como en los resultados del laboratorio.

Por lo tanto, los resultados de esta investigación proporcionarán información crucial para comprender la dinámica del suelo en este entorno complejo y biodiverso. Los datos recopilados permitirán identificar patrones espaciales y tendencias altitudinales en las propiedades físicas del suelo, lo que será fundamental en el levantamiento de la línea base para la declaración de área protegida, así para luego una gestión adecuada de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en el refugio de vida silvestre Yankay.

1.4 Pregunta de investigación

¿Cómo varían las propiedades físicas del suelo a lo largo de un transecto altitudinal en el refugio de vida silvestre Yankay, y cuál es su influencia en la calidad del suelo?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Suelo

Los autores INIA (2015, pp.10-11) y UNLP (2020,P.2) mencionan que se trata de una capa o superficie de la corteza terrestre que está formada por restos de roca que proviene de procesos de erosión que se compone de un ecosistema que abarca una gran cantidad de organismos con procesos complejos y específicos que hay en el medio natural, que provee de nutrientes, minerales, agua, suministro de materia orgánica, etc. En este recurso hay gran variedad de organismos pequeños que algunos pueden ser benéficos, y otros afectar la salud de las personas, pero siempre se encuentran en interacción constante. En este medio es el que posee las fases sólidas, líquidas y gaseosas en conjunto con el recurso hídrico.

2.1.1. Factores de formación de suelos

El suelo es el resultado de procesos pedogenéticos determinados por la interacción del clima, organismos, topografía, material parental y tiempo; conocidos como factores de formación del suelo (Bautista y Aguilera Anahi, 2023).

3.1.1.1. *Clima*

De Elvira (2010, p. 1) "Clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado".

3.1.1.2. *Organismos*

La actividad de los microorganismos en el suelo es, no sólo, un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas naturales y en los agroecosistemas. Es importante destacar la relevancia de los microorganismos y de su actividad en la calidad del suelo y, por tanto, en su conservación y mantenimiento; describe que la actividad microbiana es un parámetro que responde rápidamente a los cambios provocados por el ambiente y las prácticas de manejo del suelo (Toledo, Gargaglione y Peri, 2019).

3.1.1.3. Topografía

O. Del Rio Santana, Espinoza Fraire, A. Sáenz Esqueda (2019. p. 15) la topografía es parte fundamental en la ingeniería civil, esta teoría se basa esencialmente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y matemáticas en general la cual se divide básicamente en planimetría y altimetría en donde la planimetría se define como la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre la superficie plana, lo que hace la planimetría es prescindir del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal por otro lado la altimetría se define como la topografía especializada en la medición de la altura. Considerando que la topografía es la disciplina que se encarga de la descripción detallada de las superficies.

3.1.1.4. Material parental

El material parental se refiere a la roca o sedimento original del cual se formó el suelo y determina la composición química y mineralógica de este. Es decir, el material parental influye en la cantidad y calidad de los nutrientes presentes en el suelo, toda vez que la respuesta a la alteración de minerales y rocas está en relación directa con el origen y composición de las rocas preexistentes (Buitrago, Marín y García, 2022).

2.2. Edad de los suelos en Ecuador

Según Gramal et al. (2023) dice que en Ecuador se comenzaron a publicar informes de datación radiométrica desde la década de 1960, las edades K-Ar, obtenidas en roca total de granitoides de la Cordillera Real, basamento de la Cordillera de la Costa y basamento del Valle Interandino, fueron reportadas por: Everden, el Instituto Francés del Petróleo - IFP, y Cotecchia y Zezza respectivamente. Los Andes del Norte son la principal característica morfológica del margen noroeste de América del Sur. Al sur del margen noroeste de América del Sur, los Andes ecuatorianos incluyen dos cadenas montañosas genéticamente distintas: la Cordillera Occidental y la Cordillera Real, separadas por el Valle Interandino, con una cuenca de antearco adyacente (Costa) y una cuenca de contraarco (Oriente).

Además, estas cuencas albergan el registro sedimentario de secuencias someras a costeras del Mioceno Medio y secuencias continentales con influencia volcánica del Mioceno Superior. En la Costa, este basamento está superpuesto por poderosas secuencias de origen marino y continental. Mientras tanto, el basamento de la Cordillera Occidental está cubierto por múltiples secuencias turbidíticas y volcánicas desde el Paleoceno hasta el Neógeno.

La Cordillera Real está compuesta por rocas sedimentarias e ígneas metamorfoseadas, con edades que van desde el Paleozoico hasta el Cretácico Inferior. La Zona Subandina es un cinturón cabalgado y plegado, que se considera una zona de transición entre rocas metamórficas de la Cordillera Real y rocas sedimentarias de la Cuenca de Oriente. En la Cordillera Real se observan cinco divisiones o terrenos litotectónicos, de oeste a este: Guamote, Alao, Loja, Salado y Zamora; Estas divisiones o terrenos están limitados por fallas regionales: Peltetec, Baños, Llanganates y Cosanga-Méndez respectivamente (Gramal et al. 2023).

2.3. Propiedades físicas del suelo

Propiedades físicas fundamentales: textura, estructura, color, profundidad, compactación, consistencia, densidad y porosidad (Camayo Fernandez, 2015).

2.3.1. Textura

La textura es la que determina la proporción en la que se encuentran las partículas minerales de diversos tamaños que hay presentes en el suelo; es una propiedad física fundamental que hace referencia a la proporción relativa de arena, y arcilla en la masa del suelo, es decir, a las partículas inferiores a 2 mm de diámetro equivalente. Bajo un punto de vista “dinámico”, se puede definir la textura como el conjunto de propiedades que resultan directamente del tamaño de sus elementos individuales. La textura es, quizás, la característica más permanente del suelo, aunque puede llegar a ser modificada. Entre las acciones que pueden llegar a modificar la textura del suelo se encuentran la remoción de horizontes superficiales por laboreo y el posterior desarrollo de una nueva superficie de textura diferente; la acumulación de materiales acarreados por el viento; por el agua de riego, etc (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2008).

3.1.1.5. Clases textuales

Tabla 2-1: Clasificación de las clases textuales

Arenoso	Texturas gruesas	Arenoso
		Arenoso franco
	Tex. Mod. Gruesa	Franco arenoso
		Franco
	Texturas medias	Franco limoso
Franco		Limoso
	Texturas moderadamente finas	Franco arcilloso
		Franco arcillo arenoso
		Franco arcillo limoso
		Arcillo arenoso
Arcilloso	Texturas finas	Arcillo limoso
		Arcilloso

Fuente: (Corbella,2023).

Los fragmentos gruesos son fragmentos libres de mayor tamaño que la arena muy gruesa (>2 mm) y son fuertemente cementantes o más resistentes a la fractura. Estos fragmentos pueden ser importantes para el almacenamiento de agua, la infiltración, el escurrimiento, el volumen de suelo disponible, el crecimiento de las raíces, etc., y pueden eliminarse o no durante la labranza (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2008).

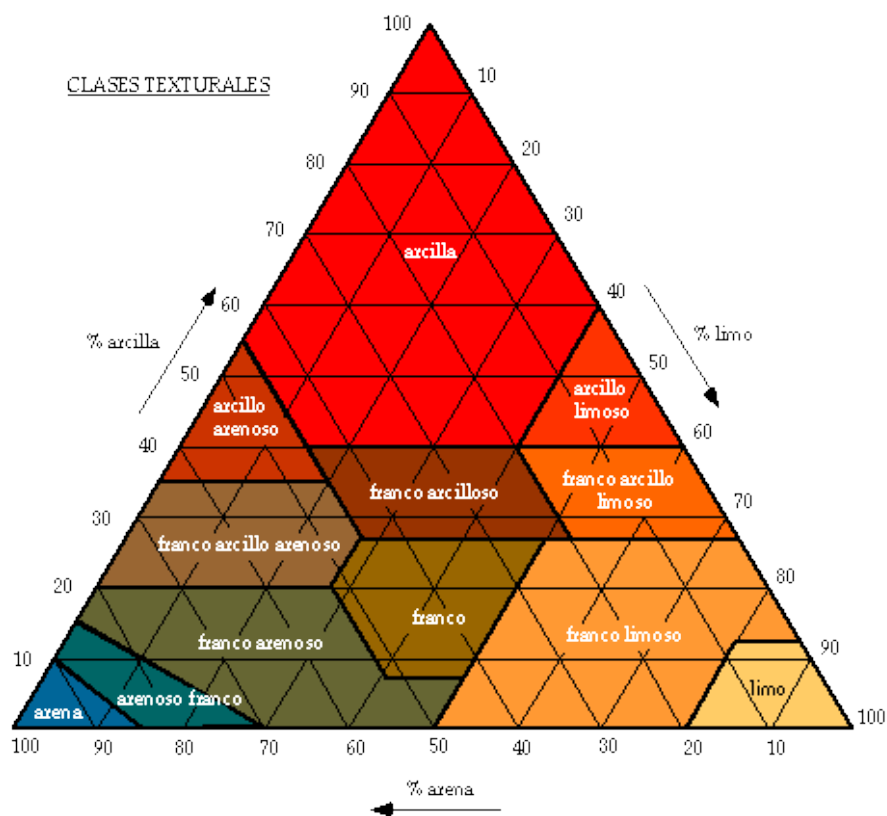


Ilustración 2-1: Composición y límites de las doce clases texturales.
Fuente:(Ciancaglini, 2017).

Según (Aguilar Mora y Quille Caiza, 2021) y (Huiza Matamoros y Quispe Torres, 2017) estas partículas se clasifican en tres categorías principales: arena, limo y arcilla. La combinación de estas partículas determina la textura del suelo y afecta sus propiedades físicas y químicas. Los suelos con una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla se consideran francos y suelen tener propiedades favorables para el crecimiento de las plantas. Además de la textura, otros factores como el contenido orgánico, la estructura y la composición química también influyen en las propiedades del suelo (Huiza Matamoros y Quispe Torres, 2017).

Tabla 2-2: Clasificación de la distribución de los diámetros de partículas.

Fracción de suelo	Diámetros límites (mm)	
	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos	Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo
Arena muy gruesa	2,00 a 1,00	-
Arena gruesa	1,00 a 0,50	2,00 a 0,20
Arena media	0,50 a 0,25	-
Arena fina	0,25 a 0,10	0,20 a 0,02
Arena muy fina	0,10 a 0,05	-
Limos	0,05 a 0,002	0,02 a 0,002
Arcilla	Menor de 0,002	Menor de 0,0002

Fuente: Ortiz, 1990. Recuperado de: (Domínguez Silva, 2005, págs. 4-5).

La FAO clasifica al suelo por su textura en 6 tipos de suelos:

2.3.1.1. Suelo arenoso

Según (Malasquez Aucapiña, 2020), los suelos arenosos están compuestos principalmente por partículas de arena, que son más grandes que las partículas de limo y arcilla. La arena tiene un tamaño de partícula que oscila entre 0,05 mm y 2,0 mm. Debido a su estructura predominantemente arenosa se encuentra en proporción entre 75% arena, 5% arcilla y 20% limo. La textura suelta de los suelos arenosos resulta en una buena permeabilidad, lo que significa que el agua puede drenar fácilmente a través del suelo. Esto evita problemas de encharcamiento, pero también puede llevar a una rápida pérdida de humedad.

2.3.1.2. Suelo Franco Arenoso

El autor (Ciancaglini, 2016, p. 7) menciona que el suelo franco arenoso es un tipo de suelo que combina las características de suelo franco y suelo arenoso. La textura franco-arenosa es una mezcla equilibrada de partículas de arena, limo y arcilla, con una proporción significativa de partículas de arena. A diferencia del suelo arenoso puro, el suelo franco arenoso tiene una capacidad moderada para retener nutrientes debido a la presencia de partículas de limo y arcilla. Esto puede ser beneficioso para el crecimiento de las plantas, ya que hay una retención de nutrientes más equilibrada. En condiciones de humedad, es posible formar una cinta de hasta 2,5 cm de largo. A pesar de tener una buena capacidad de drenaje, este suelo puede requerir una gestión cuidadosa del agua para garantizar una retención adecuada en la zona de la raíz de las plantas.

2.3.1.3. Suelo Franco

El suelo franco es un tipo de suelo que tiene una mezcla equilibrada de partículas de arena, limo y arcilla. Se considera un suelo intermedio en términos de textura y posee propiedades que pueden ser beneficiosas para el crecimiento de las plantas compuesto principalmente de arena (partículas de más de 63 micrómetros o 0,0025 pulgadas), limo (partículas de más de 2 micrómetros o $7,9 \times 10$ pulgadas) y, en menor medida, arcilla (partículas de menos de 2 micrómetros o $7,9 \times 10$ pulgadas). Debido a su equilibrio entre retención y drenaje de agua, así como su capacidad para retener nutrientes, el suelo franco es generalmente adecuado para una amplia variedad de cultivos. Sin embargo, la selección de cultivos específicos puede depender de otros factores como el clima y las prácticas agrícolas locales (Carrasco Jiménez y Ortiz Lizana, 2013).

2.3.1.4. Suelo Franco Limoso

Lahuatte y Recalde (2015, p. 120) y Rucks et al (2004, p. 13) afirman que el suelo franco limoso es un tipo de suelo que tiene una mezcla equilibrada de partículas de arena, limo y arcilla, con una proporción significativa de partículas de limo. Contiene una combinación equilibrada de partículas de arena, limo y arcilla, tiene una proporción más alta de partículas de limo. El limo tiene partículas más finas que la arena y contribuye a la textura suave y sedosa del suelo, es generalmente adecuado para una amplia variedad de cultivos.

2.3.1.5. Suelo Franco Arcilloso

(Hossne García, 2014) lo define como un suelo que presenta una mezcla equilibrada de partículas de arena, limo y arcilla, pero con una proporción significativa de partículas de arcilla. Este tipo de suelo combina las características de los suelos francos y arcillosos, y tiene propiedades que pueden afectar el crecimiento de las plantas. La alta proporción de partículas de arcilla en el suelo franco arcilloso le confiere una capacidad significativa para retener agua. Esto puede ser beneficioso para las plantas al proporcionar un suministro constante de humedad, pero también puede llevar a problemas de drenaje si no se maneja adecuadamente.

2.3.1.6. Suelo Arcilloso

Según Ticona Delgado (2019, p. 10), son suelos que contiene una alta proporción de partículas de arcilla en comparación con las partículas de arena y limo. La arcilla tiene partículas extremadamente pequeñas, con un tamaño inferior a 0,002 mm. La compactación del suelo arcilloso puede ser un desafío, ya que limita la penetración de las raíces y reduce la porosidad del suelo, afectando negativamente el crecimiento de las plantas.

2.3.2. Estructura

La estructura es la forma en la que las partículas del suelo se unen para formar agregados. La estructura del suelo es una propiedad física fundamental que hace referencia al arreglo y la organización de las partículas constitutivas del suelo. Se la considera una propiedad física compleja debido a que es condicionada parcialmente por propiedades intrínsecas, como la textura y composición mineralógica, y en parte por factores extrínsecos, como el tipo de uso y sistema de manejo a que se somete el suelo. Las unidades secundarias que se forman de la unión de las partículas primarias o individuales del suelo, se denominan agregados. Tales patrones o arreglos

espaciales necesariamente incluyen espacios porosos. Existen fuerzas que mantienen unidos esos componentes y que permiten que los agregados se comporten como una unidad. Tales fuerzas son mayores que aquellas que unen agregados adyacentes, de esa forma, al aplicarse una presión sobre una masa de suelo, los agregados se separan por superficies naturales de fragilidad, que representan los límites entre agregados (Baridón, 2019).

2.3.3. Densidad

La densidad influye en la distribución de la vegetación. Suelos más densos son capaces de sustentar más cantidad de vegetación. La densidad del suelo es una propiedad física fundamental del mismo, en el cual se relaciona la masa y el volumen. En el estudio de los suelos se distinguen dos tipos de densidad: la Densidad de las partículas y la Densidad Aparente (Bautista Niampira, 2020). La densidad de las partículas (DP) o peso específico real (PER) se define como la relación entre la masa total de los sólidos y el volumen de los mismos, sin incluir el espacio poroso. Las unidades de expresión son g/cm^3 o t/m^3 . La DP permite calcular, entre otras cosas, la porosidad total del suelo, junto con la densidad aparente, estableciéndose las relaciones volumétricas entre las fases sólida, líquida y gaseosa.

2.3.4. Temperatura

La temperatura también influye en la distribución de la vegetación, sobre todo en altitud. La temperatura influye en la respiración ya que con el aumento de temperatura aumenta la actividad microbiana y con ella el consumo de O_2 , por lo tanto, también aumentará el contenido de CO_2 en el ambiente edáfico (Martínez y Garbi, 2020).

2.3.5. Capacidad de aire

La capacidad de aire es el volumen de suelo ocupado por el aire a una humedad dada. Debido a las constantes fluctuaciones en la humedad y porosidad del suelo, la capacidad de aire también está sujeta a fluctuaciones. Se define la capacidad de aire como la «cantidades aire que queda en el suelo luego que el mismo se ha llevado a un contenido de agua correspondiente al de capacidad de campo» (agua retenida en el suelo luego que el mismo se ha saturado y dejado de drenar por 24 horas) (Andina, 2023).

2.3.6. Capacidad de agua

La capacidad de los suelos de retener agua, de acuerdo a su textura y estructura, puede ser determinada a través de los datos proporcionados por un análisis de suelo, muy conveniente cuando la escasez de agua es un factor determinante en la producción agrícola, y también de manera práctica y resolviendo algunas fórmulas matemáticas simples (Silva Julca, 2020).

2.3.7. Compactación

Los autores Bustamante León (2016, p. 20-25) y Rivera Gómez y Dolmos Reyes (2022, p. 2) señalan que la compactación es un proceso en el que las partículas del suelo se comprimen y se reducen los espacios porosos entre ellas. Este fenómeno puede ocurrir naturalmente debido a factores como la actividad climática, pero también puede ser causado o agravado por actividades humanas. La compactación del suelo puede tener efectos adversos en la calidad del suelo y afectar negativamente el crecimiento de las plantas. Además, provoca un aumento de la densidad aparente, una disminución del espacio poroso, un aumento del escurrimiento de aguas superficiales, puede tener consecuencias a largo plazo, pero con prácticas de manejo adecuadas, se puede prevenir o mitigar en gran medida. El cuidado de la salud del suelo es esencial para garantizar un entorno propicio para el crecimiento saludable de las plantas.

2.3.8. Efectos de la compactación del suelo

- Aireación. Una de las consecuencias de la compactación es la disminución del espacio poroso, misma que afecta el intercambio gaseoso de O_2 y CO_2 .
- Movimiento del agua. La movilidad del agua depende en gran medida de la cantidad de macroporos que tiene el suelo. La compactación del suelo disminuye la infiltración, de tal manera que, si un poro se reduce 10 veces su tamaño, la cantidad de agua que puede fluir a través del mismo en un tiempo dado será 10000 veces menos que antes.
- Crecimiento de las raíces. Las raíces desempeñan un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes. La capacidad de penetración y exploración de la raíz se ve seriamente afectada por la compactación del suelo, debido al aumento de la resistencia del suelo y la disminución del número de macroporos. Una disminución de los poros de 0,2 a 0,3 mm de diámetro dificulta la penetración de las raíces.
- La germinación. La emergencia y sobrevivencia de plántulas puede ser afectada negativamente con la compactación del suelo, al no contar con las condiciones óptimas para su desarrollo.

- Absorción de nutrientes. En general, la compactación del suelo reduce la absorción de nutrientes debido a las raíces dañadas. Sin embargo, aumenta el contacto entre las raíces y las partículas del suelo, lo que puede favorecer la absorción de nutrientes que son interceptados. Lo anterior dependerá del tipo de suelo y la naturaleza de la compactación (González, Iglesias y Herrera, 2009).

2.3.9. Color

Según los autores Bustamante León (2016, p. 20-25) y Rivera Para, Garrido Valero (2006, p. 10-11), el color del suelo puede variar ampliamente y está influenciado por diversos factores, incluyendo la presencia de minerales, materia orgánica, contenido de agua y condiciones de drenaje. Aunque la variabilidad es considerable, a menudo se pueden observar ciertos patrones de color en función de las características del suelo. Los diferentes colores se deben principalmente a la composición mineral, el contenido de materia orgánica y otros factores. Por ejemplo, la presencia de óxidos de hierro puede dar al suelo tonalidades rojas o marrones, mientras que el contenido de manganeso puede contribuir a colores negros o marrones oscuros, es importante tener en cuenta que los suelos en una región pueden mostrar variaciones en color incluso en áreas pequeñas debido a factores locales.

2.3.10. Porosidad

Los autores Rivera et al (2022, p. 13) definen la porosidad en el suelo como la proporción de espacios porosos o poros presentes en el suelo. Estos espacios pueden contener aire o agua, y la porosidad es una medida importante de la capacidad del suelo para retener agua, permitir el flujo de aire y albergar raíces de plantas. Siendo la propiedad fundamental que afecta directamente a la capacidad para sustentar la vida vegetal y mantener funciones ecológicas esenciales. Un buen equilibrio entre porosidad, retención de agua y drenaje es crucial para el éxito de la agricultura y otros usos del suelo. En los espacios porosos se pueden distinguir macroporos y microporos. Los macroporos permiten el movimiento rápido del agua y el aire y los microporos tienen un diámetro relativamente pequeño y son cruciales para retener agua y nutrientes.

2.3.11. Profundidad

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Esta información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría puede penetrar sus raíces más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten. Un suelo debe

tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos un metro (García Centeno, 2017).

Tabla 2-3: Clasificación de la profundidad efectiva del suelo

Profundidad del suelo	
Muy profundo	> de 150
Profundo	150 – 100
Moderadamente profundo	100-50
Superficial	50-25
Moderadamente superficial	< de 25

Fuente: (García Centeno, 2017).

La mayoría de los límites terrestres son zonas de transición, no límites puntuales. La profundidad de los límites superior e inferior de cada horizonte se expresa en centímetros. Se mide desde la superficie del suelo (incluida la materia orgánica y la cubierta mineral) hacia abajo; para límites pronunciados o claros, se utilizan medidas exactas en centímetros; en el caso de casos escalonados o limitados por difusión, se registra un valor redondeado (con una precisión de 5 cm). Debe evitarse la impresión de un falso nivel de precisión. Sin embargo, si la profundidad límite está cerca del límite de diagnóstico, no utilice valores redondeados. En este caso, la profundidad se da como el valor medio de la zona de transición (a partir de 16 cm y terminando en 23 cm, la profundidad será de 19,5 cm) (FAO,2009).

2.4. Pedón

Representa el cuerpo más pequeño de un mismo suelo y por lo tanto tiene el tamaño suficiente para representar su naturaleza, disposición de horizontes y su variabilidad, entre otras características morfológicas. Las profundidades se extienden hasta la roca huésped o hasta 2 m, lo que sea menos profundo. La superficie varía de 1 a 10 m² dependiendo de la variación del suelo (Luzio, 2004).

El término global se refiere al volumen más pequeño que se puede expresar en la naturaleza y se llama (Ped=suelo, con=unidad). Aquella expresión o unidad que permite su caracterización para un fin determinado. Otro dato muy importante es la superficie. La superficie varía entre 1 m² y 10 m² dependiendo de la variación espacial del suelo (Casanova et al. 2004).

2.5. Polipedón

Un polipedón se define como un grupo o múltiples pedones que representan la población del suelo que se está cartografiando. La unidad más pequeña para clasificar suelos o realizar investigaciones

requiere un área de 1 m² (pedón), pero debido a las diferentes características de apariencia de los pedones, se requiere un área no especificada. El polipedón se examina muestreando y describiendo pedones (Palacios, 2022).

2.5.1. Horizontes

En el perfil del suelo, el horizonte se reconoce a primera vista. Estas capas suelen ser horizontales a la superficie del suelo y tienen propiedades físicas y químicas diferentes a las capas restantes dentro del mismo perfil de suelo, dando lugar a "Perfil zonal o estratificado". Se pueden utilizar variables físicas y químicas para distinguir capas u horizontes. Por ejemplo, el color es una de las características principales que nos permiten distinguir entre las diferentes líneas horizontales de un perfil (Moreno Ramón, Héctor y Ibáñez Asensio, 2020).

2.5.2. Perfiles del suelo

En condiciones naturales, los suelos adecuadamente desarrollados tienen tres horizontes principales, designados con las letras A, B y C.

Desde una perspectiva de productividad, el Horizonte A es el más importante. Porque allí se consigue el máximo desarrollo de la actividad biológica (desarrollo de microorganismos y pequeños animales). Contiene la mayor cantidad de materia orgánica, elemento que juega un papel importante en la productividad del suelo; el horizonte B es una capa sedimentaria que generalmente se enriquece con arcilla y sales debido a la infiltración de agua en el perfil, propiedad muy importante para definir la productividad del suelo; la capa C está formada por material mineral formado por la descomposición de rocas. La materia orgánica se va absorbiendo poco a poco y el suelo se va formando a lo largo de muchos años (INIA, 2015).

2.6. Morfología y caracterización de los suelos

Para los autores (Onchi, 2018) y (Baridón, 2019) el estudio morfológico del suelo consiste en analizar de manera sistemática el tamaño, forma, disposición e interrelación de cada uno de sus componentes, también las características como color, consistencia y estructura, además de evaluar su relación con el entorno. Este análisis se realiza en campo mediante la observación de cortes verticales del terreno, siguiendo normas para comparar la descripción de varios perfiles de suelo, identificando las diferencias entre cada uno. La descripción morfológica de perfiles de suelo en campo, consiste en la toma de muestras alternadas para su análisis posterior en laboratorio. Esto se lleva a cabo mediante la observación de excavaciones, como pozos o calicatas, que suelen tener

dimensiones de dos metros por uno en la superficie y una profundidad mayor a un metro. Cabe destacar que existen diversos manuales para realizar estas descripciones, y un país puede tener más de uno.

2.7. Muestreo de suelo

Para (Juárez, 2018, pp. 10-12) usualmente, se utiliza una muestra de suelo para analizar sus propiedades, que está conformada de submuestras aleatorias de un terreno homogéneo. En el sitio seleccionado, en un perfil del suelo se extraen muestras de cada uno de los horizontes que lo componen, después se describe las condiciones generales del sitio, como clima, topografía, vegetación, geología, altitud, longitud y latitud. Posteriormente, estas muestras se analizan en laboratorio, considerando sus características físicas y químicas, la descripción del perfil y otros datos adicionales (USDA 1999, pp. 13-16).

2.8. Transecto altitudinal

Para los autores (Medina, León y Jiménez, 2016) y (Martínez-Camilo, 2023) un transecto altitudinal una variación de elevación en diversos puntos o sectores de estudio, desde un punto bajo hasta un punto elevado, que se utiliza para estudiar cómo los factores ambientales y biológicos cambian con la altitud, y cómo estas variaciones inciden en la biodiversidad, el cambio climático y la adaptación de las plantas y los animales a diferentes condiciones ambientales (Andrade 2023, pág. 24).

2.9. Áreas Protegidas

Las áreas protegidas son zonas destinadas a la preservación del patrimonio natural y cultural, creadas con el propósito de salvaguardar la distinción de cada paisaje, los elementos naturales y los objetos culturales. Establecer un área protegida tiene como objetivo principal proteger los recursos y las funciones ambientales que actualmente están sufriendo una grave degradación debido a la actividad humana (Soledad Duval, 2017,p.1).

2.9.1. Refugio de vida silvestre

Según el autor (Lasso, 2017,p.3) son Áreas Naturales utilizadas para asegurar la preservación de la vida silvestre, ya sea residente o migratoria, ya que cumplen una función esencial en la conservación de la biodiversidad al proporcionar hábitats seguros y adecuados para proliferación la vida silvestre, asegurando así, la supervivencia de diversas especies (Soto Navarrete 2010, p.11-13).

Actualmente estas áreas forman parte de una categoría dentro del actual Patrimonio Nacional de Áreas Naturales del Estado Ecuatoriano, con fines científicos, educativos y recreativos (Lituma, 2012, pp. 9-10).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La presente investigación se desarrolló en el refugio de vida silvestre Yankay cuenta con aproximadamente 200 hectáreas de terreno y se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Baños, parroquia Río Negro (ESPOCH., 2022).

3.1.1. Área de estudio

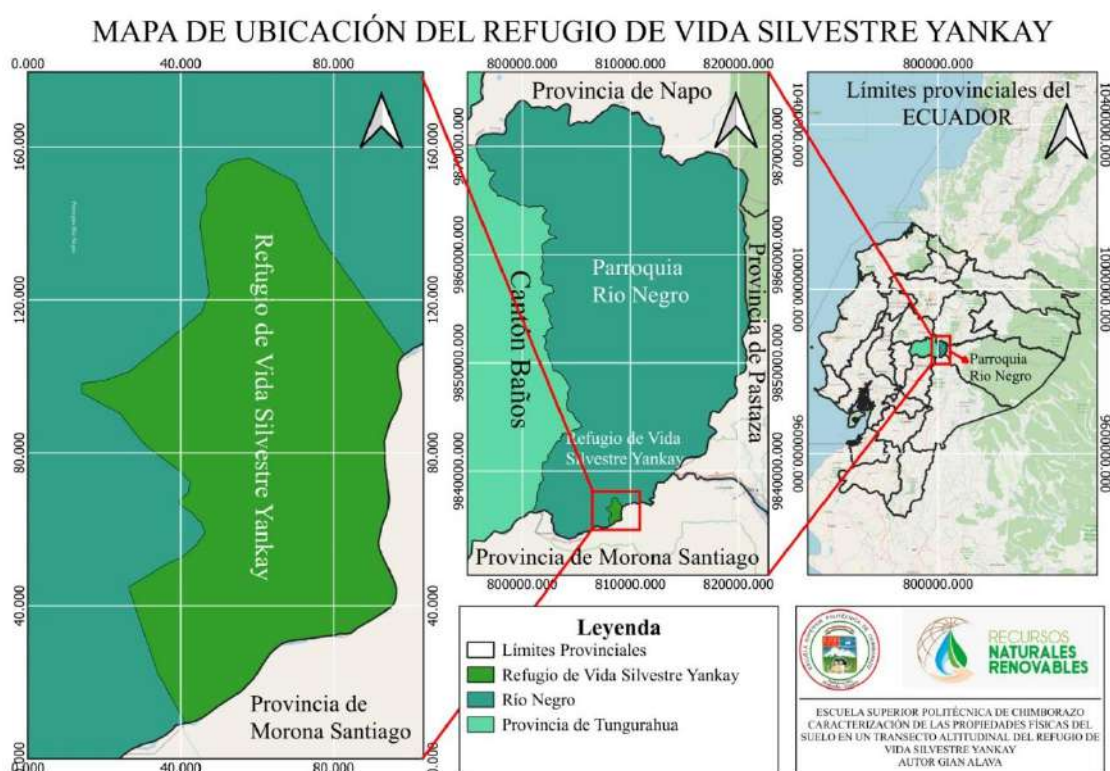


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del Refugio de vida silvestre Yankay.

Realizado por: Alava, G., 2024.

3.1.2. Ubicación geográfica

Coordenadas: 1°28'10.7"S 78°13'31.0"W

Altitud: 1700 m.s.n.m

Límites: Al norte y al oeste con la Parroquia Río Negro, al sur y al este con la provincia de Morona Santiago.

3.2. Caracterización del lugar

3.2.1. Clima

La zona de estudio presenta un clima subtropical húmedo (Miranda Quitiaquez, 2012).

3.2.2. Precipitación

El autor (Fidel López, et al., 2020) al analizar la información proporcionada por la Plataforma del Ministerio del Ambiente del año 2020 sobre el cambio climático, específicamente en relación con la variable de precipitación durante el periodo histórico de 1981 a 2015 y el escenario de referencia para el periodo 2016-2040, destaca dos amenazas climáticas para la Parroquia Río Negro: episodios de lluvias intensas y elevadas temperaturas. Según los datos históricos de precipitación para la Parroquia Río Negro entre los años 1891 y 2015, se ha registrado un rango de precipitación anual de 1800 a 2700 mm.

3.2.3. Temperatura

La zona de estudio al encontrarse en el parte suroriental de la provincia presenta temperaturas en relación con la información proporcionada por el Proyecto Acción Provincial contra el cambio climático de CONGOPE en 2019. Estos datos, extraídos de la plataforma del MAE de 2020 y centrados en la variable de temperatura, indican que la temperatura promedio mínima es de 14.8°C, mientras que la temperatura promedio máxima alcanza los 24.7°C (Fidel López.,et al., 2020).

3.2.4. Humedad relativa

La humedad relativa en la zona de estudio es de 78 al 92% y heliofanía de 2,6 horas luz/día (Miranda Quitiaquez, 2012).

3.2.5. Zona de vida

De acuerdo con la categorización ecológica propuesta por Holdridge, el refugio de vida silvestre Yankay se encuentra en la categoría de bosque húmedo Premontano (bh-PM).

3.2.6. *Piso altitudinal*

La zona de estudio se encuentra sobre los 1500 m.s.n.m hasta los 1800 m.s.n.m.

3.3. Materiales

3.3.1. *Materiales de campo*

GPS, estacas, banderines, flexómetro, libreta de campo, pala, azadón, cuchillo, bolsas Zip Loc, guantes de látex, agua destilada, marcadores y cámara.

3.3.2. *Materiales de laboratorio*

3.3.2.1. *Equipos*

Estufa, mufla, agitador eléctrico, balanza analítica, penetrómetro y barreno.

3.3.2.2. *Reactivos*

Hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio.

3.4. Metodología

3.4.1. *Nivel de investigación*

Este estudio adoptó un enfoque exploratorio con el propósito de realizar un diagnóstico inicial de la situación que abarca el conjunto de variables bajo investigación. En el marco de la metodología empleada para el análisis de datos, los estudios exploratorios se consideran análisis descriptivos, aunque su énfasis recae en la inspección de los datos con el objetivo de identificar casos anómalos (Hernández Sampieri, et al., 2014, pp. 91-93). Además de identificar valores atípicos en una variable, los estudios exploratorios también deben proporcionar información relevante sobre la idoneidad de las técnicas estadísticas planificadas para su uso posterior y la posible necesidad de transformar los datos como paso previo a futuros análisis (Ríos Cabrera et al. 2010, pp. 225-247).

En este trabajo, se lleva a cabo una exploración de las medidas descriptivas de tendencia central de las propiedades físicas del suelo en estudio (Ramos Galarza, 2020). Todas estas exploraciones se enmarcan en la revisión de la literatura y los objetivos establecidos.

Así mismo, se lleva a cabo un proceso de clasificación y comparación descriptiva de las variables que definen las características físicas del suelo. Para este propósito, se construyeron tablas de contingencias bivariadas y tablas resúmenes que contienen información sobre las características.

3.4.2. *Diseño de investigación*

3.4.2.1. *Documental-Bibliográfica*

El estudio se fundamentó en examinar documentos bibliográficos con el fin de reconocer y analizar distintos enfoques, teorías y criterios de diversos autores en relación con el tema. Se recurrió tanto a fuentes primarias como a fuentes secundarias para enriquecer la comprensión de la problemática bajo investigación.

3.4.2.2. *De campo*

La investigación fue de campo para obtener la información necesaria, en la cual se visitó el refugio de vida silvestre Yankay, donde se observó y caracterizó las propiedades físicas del suelo, para lo cual se trabajó en cada unidad muestral la elaboración de calicatas para el análisis de los perfiles, se obtuvo datos de compactación y la profundidad para determinar la calidad del suelo.

3.4.3. *Enfoque de investigación*

El enfoque de la investigación es mixto, debido a que se caracterizó y evaluó la calidad mediante indicadores físicos del suelo por la falta de datos previos y la necesidad de obtener una comprensión integral en base a los análisis en campo y en laboratorio del suelo, utilizando estadística descriptiva. Al combinar datos cuantitativos y cualitativos, se pueden obtener resultados más sólidos y confiables, ya que cada enfoque se complementa y verifica mutuamente. La estadística descriptiva utilizada en el análisis de los datos proporciona una visión detallada de las propiedades físicas del suelo, mientras que la información cualitativa obtenida en el campo agrega contexto y profundidad a los resultados (Ortega, 2023).

3.4.4. Muestreo

La ejecución del muestreo se efectuó utilizando el método estratificado de forma aleatoria como lo explica (Mendoza & Espinoza, 2017, pp. 14-22) a lo largo del transecto altitudinal, como lo plantea (INCOTEC, 2019) debido a que los resultados tendrán mayor precisión que si no se usan estratos y a la variabilidad del terreno en los factores (p. ej. suelo, pendiente, vegetación, etc.) determinantes de la distribución de las propiedades físicas del suelo (Castrejón Pizán, 2019). Para esto se procedió a la zona de investigación con el objetivo de georreferenciar los puntos mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) e identificar los lugares representativos para la obtención de muestras de suelo, estableciendo marcadores en cada unidad muestral con estacas. La subdivisión del área se llevó a cabo en 6 unidades muestrales (UM) con dimensiones de 50 x 600 m.

3.4.4.1. Recolección de muestras

Se obtuvieron 15 submuestras a una profundidad de 20 cm mediante el uso de un barreno como lo realizó (Schweizer, 2011, pág. 13), asegurándose de limpiar el sitio de recolección al remover plantas o material orgánico de la superficie, así como también pequeñas rocas y piedras. Cada submuestra se depositó en un balde previamente desinfectada para preservar la integridad de las muestras. Posteriormente, se mezclaron las submuestras para formar una muestra compuesta de 1,5 kg, la cual fue transferida a una bolsa Zip Loc de 26,8 cm x 27,3 cm. Cada bolsa fue debidamente etiquetada con información relevante, como la fecha, ubicación y la unidad muestral (UM) correspondiente, siguiendo este protocolo para cada unidad muestral (Osorio, 2012).

3.4.5. Objetivo 1: Caracterizar los perfiles y horizontes del suelo mediante calicatas

- ✓ En la primera salida de campo se seleccionaron las unidades muestrales y se georreferenciaron los puntos a muestrear.
- ✓ Para la segunda salida de campo, se realizaron las calicatas en cada unidad muestral y se tomaron las muestras de cada horizonte.
- ✓ Para ejecutar la descripción morfológica de los perfiles de suelos y llevar a cabo su caracterización analítica, mediante la excavación de calicatas con dimensiones aproximadas de 1x1,5 metros y una profundidad de 0,5 metros o hasta encontrar la roca madre. Esta metodología permitió una descripción eficiente en el campo y permitió el muestreo sistemático de cada uno de los horizontes identificados (Chavarria Araúz, 2011).
- ✓ Se revisó la descripción del perfil del suelo para encontrar referencias de los procesos formadores del suelo (cualitativamente) y se los expresó en la designación de horizontes (FAO, 2009).

- ✓ Se examinó y contrastó la descripción del perfil y la asignación de horizontes, evaluando la concordancia entre la expresión del símbolo, el color (para el cual se realizó con muestras húmedas y en seco) y la profundidad del suelo con los requisitos de los horizontes genéticos, (O, L, A, E, B, C, R, M Y W) establecidos por la USDA, ya que permiten describir los perfiles del suelo (Moreno Ramón & Ibañez Asensio, 2020, pp. 3-10). Estos criterios se definen en función de características morfológicas y/o criterios analíticos, según lo establecido por la SOIL TAXONOMY. SSS, 1994. Se proporcionó una descripción de los atributos con el fin de respaldar la identificación en campo.

3.4.6. Objetivo 2: Determinar el color, estructura, textura, porosidad, profundidad y compactación de las muestras del suelo obtenidas

3.4.6.1. Color

Se procedió a registrar el color de la matriz del suelo en la muestra compleja de cada unidad muestral en condiciones de secado al ambiente, utilizando las notaciones para matiz, valor y croma conforme a la Carta o Tabla de Colores de Suelo Munsell. La determinación de los colores del suelo se llevó a cabo sin la incidencia directa de los rayos solares. Este proceso se realizó bajo condiciones uniformes para asegurar la precisión en la determinación del color del suelo (FAO, 2009).

3.4.6.2. Estructura

- Se tomó un vaso de precipitación de 50 – 100 ml., y verter aproximadamente 20-50 ml. De agua.
- Cuidadosamente se depositó en el vaso un fragmento de suelo.
- Se midió el tiempo en que se desintegra el suelo al interior del vaso (utilizar un reloj o cronómetro)
- Se estableció el grado de estabilidad estructural de la muestra problema en base a la escala correspondiente.

3.4.6.3. Textura

- Se pesaron 100 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm. (TFSA)
- Se agregaron 10 ml. del agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio)
- Se añadió 200 ml. de agua, mezclar y dejar en reposo por 24 horas.

- Se pasó la suspensión a cilindros de vidrio (Bouyoucos)
- Se lavaron los frascos con chorro de agua de la piseta, cuidar que no quede partículas de suelo en el frasco.
- Se completó el volumen a 1000 ml., con el hidrómetro sumergido.
- Se agitó vigorosamente la suspensión del cilindro, tapando con la palma de la mano por espacio de un minuto.
- Se dejó sobre una mesa rígida y efectuar la primera lectura a los 40 segundos.
- Se tomó la segunda lectura a las dos horas.
- Y se encontró los porcentajes de arena, limo y arcilla aplicando las siguientes formulas:

$$\% \text{ de Arena} = 100 - \frac{\text{Primera lectura}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de Arcilla} = \frac{\text{Segunda lectura}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de Limo} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de arcilla})$$

- Se interpretaron los valores obtenidos, utilizando el triángulo de textura.

3.4.6.4. Porosidad

- Se pesó cada muestra de suelo saturado (extraída con el método del cilindro).
- Se llevó a sequedad y se pesó nuevamente.
- La pérdida de peso indicó el volumen total de poros, admitiendo que el agua de la muestra tiene una densidad igual a 1 gr/cm³.
- La porosidad total se calculó con los datos de la densidad aparente y real, mediante el uso de la fórmula:

$$PT(\%) = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100$$

PT: Porosidad total

Da: densidad aparente

Dr: densidad real

Determinación de la densidad real

- Se pesó en la balanza de precisión 10 g de suelo tamizado por 2 mm, seco en estufa.
- Se llenó con agua destilada un picnómetro de 50 cm³, se tapó, se secó bien y se pesó en la balanza de precisión.
- Se vació el picnómetro y se introdujeron los 10 g de suelo pesado anteriormente.
- Se completó el volumen de agua destilada y se tapó con cuidado de no dejar burbujas de aire en su interior.
- Se secó y pesó nuevamente.

$$D = \left(\frac{m}{v} \right)$$

m₁: 20 g de muestra seca

v: volumen de la muestra en el interior del picnómetro expresado por la diferencia de masa entre (m₁ + m₂) – m₃.

Reemplazando:

$$D_r = \left(\frac{m_1}{(m_1 + m_2) - m_3} \right)$$

Determinación de la densidad aparente

- Se utilizó el método del cilindro para tomar las muestras.
- Se eliminó la cobertura del terreno a muestrear.
- Se tomó el cilindro extractor con su aro correspondiente.
- Se apoyó el borde afilado del cilindro sobre la superficie del suelo y sobre el borde superior se colocó un taco de madera.
- El cilindro se introdujo en el suelo en forma vertical con suaves golpes sobre el taco, evitando destruir la estructura del suelo.

$$D_a = \frac{(masa\ de\ suelo\ seco + masa\ del\ cilindro) - masa\ del\ cilindro}{volumen\ del\ cilindro}$$

$$Volumen\ real\ del\ suelo = \frac{peso\ del\ suelo\ seco}{D_r}$$

$$Volumen\ de\ poros = volumen\ del\ cilindro - volumen\ real\ del\ suelo$$

3.4.6.5. Profundidad

Se realizó la medición con un flexómetro desde la superficie del suelo, abarcando tanto la cobertura orgánica como el mineral, hacia la profundidad. Se emplearon anotaciones precisas expresadas en centímetros en casos de límites claros o abruptos. Se registraron cifras redondeadas al múltiplo más cercano de 5 cm en situaciones donde los límites eran graduales o difusos, evitando así la sugerencia de niveles de exactitud falsos. No obstante, cuando las profundidades de los límites se encontraron próximas a los límites diagnósticos, se prescindió del redondeo en las cifras.

3.4.6.6. Compactación

Se llevaron a cabo pruebas de compactación utilizando un penetrómetro, basado en la metodología descrita por Usón, Boixadera, Bosch y Enrique, 2010, como lo citan (Toledo Bruzual & Millán Boadas, 2016, p. 485). Este dispositivo registra lecturas de medidas en función de la profundidad alcanzada en el suelo mediante una punta cónica con un ángulo estandarizado. Los resultados obtenidos se expresan en resistencias, medidas en newton (N), a intervalos de 24 profundidades. Se recopilaron 15 conjuntos de datos utilizando un método de zigzag con pasos de 150 a 180 desde un punto a otro de muestreo en cada UM. El propósito de estas pruebas fue identificar la resistencia del suelo y la pérdida de volumen de la masa del suelo en un espacio determinado, causada por fuerzas externas aplicadas sobre él.

3.4.7. Objetivo 3: Determinar la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo

Para la evaluación de los indicadores se trabajó con el método EVS, el cual según (Sastre Rodríguez & et al, 2020) se fundamenta en la observación de propiedades clave del suelo, como textura, estructura, consistencia, color, porosidad, costras superficiales y cobertura, considerándolas como indicadores del estado de la calidad del suelo. Estos indicadores son dinámicos y sensibles a cambios, lo que los convierte en herramientas efectivas para la supervisión. Cada indicador recibe una calificación visual (CV) en una escala de 0 (Pobre), 1 (Moderada) y 2 (Buena). La asignación de valores se basa en la comparación de la muestra con fotografías de referencia en el manual de la guía de campo. La puntuación visual es flexible, permitiendo asignar valores intermedios si la muestra se asemeja a más de una fotografía. Dado que algunos indicadores son más relevantes, EVS los pondera en una escala de 1 a 3. La suma total de las evaluaciones proporciona un valor que indica la calidad del suelo (buena, moderada o pobre). Estos resultados ayudan a identificar

las cualidades del suelo más críticas, permitiendo la planificación de acciones correctivas o paliativas para mejorar su calidad y rendimiento.

Tabla 3-1: Indicadores físicos de la calidad del suelo

Propiedad	Indicador físico	Descripción	Condición	Evaluación
Textura	Franco	Sensación suave y jabonosa, ligeramente pegajosa y sin arenilla	Bueno	2
	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. Arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta	Moderadamente bueno	1,5
	Franco limoso; Fr. arcillo limoso; Arenoso	Sonido ligeramente áspero y débil	Moderado	1
	Franco Arcillo limoso; Arcilloso; Arcillo arenoso	Sonido áspero y raspante: permite solo hacer la bola	Moderadamente pobre	0,5
	Arenoso	Sonido áspero y raspante. No permite ser moldeado	Pobre	0
	Granular	La estructura del suelo es pulverulenta con predominio de agregados finos y sin mucha presencia de terrones	Bueno	2
Estructura	Bloques subangulares	El suelo presenta un 50% de terrones densos, firmes y agregados finos fácilmente desmenuzables	Moderado	1
	Bloques angulares	Hay un predominio claro de grandes bloques, densos y angulares. Hay muy poca presencia de agregados finos	Pobre	0
Porosidad		El suelo presenta muchos macroporos dentro y entre los agregados y pocos microagregados, lo que se asocia con una buena estructura del suelo	Bueno	2
		La presencia de macro y microporos ha disminuido considerablemente, pero aún se observan cerca de los agregados	Moderado	1

Propiedad	Indicador físico	Descripción	Condición	Evaluación
Color		Terrones muy compactos y con superficies lisas. No se observan apenas macroporos. Aristas o ángulos afilados al romperse	Pobre	0
		Color marrón oscuro. Color Munsell 10YR 2/1, 2/2, 3/1-5	Bueno	2
		Color marrón más claro. Color Munsell 10YR 4/1-5	Moderado	1
		Color marrón muy claro, grisáceo. Color Munsell más claro que 10YR 5/1	Pobre	0
Profundidad		> 0,8 m	Bueno	2
		0,6 – 0,8 m	Moderadamente bueno	1,5
		0,4 – 0,6 m	Moderado	1
		0,2 – 0,4 m	Moderadamente pobre	0,5
Compactación		< 0,2 m	Pobre	0
		Hay una resistencia baja a la penetración con el penetrometro. Se observan raíces nuevas y viejas. El suelo presenta una porosidad buena	Bueno	2
		El suelo tiene una resistencia a la penetración moderada. Hay pocas raíces nuevas y viejas	Moderado	1
		Resistencia muy alta a la penetración. Suelo muy compacto y macizo. Tiene una mínima porosidad	Pobre	0

Fuente: (Noellemeyer & et al, 2021)

Realizado por: Alava, G., 2024.

Para la evaluación de los indicadores físicos de la calidad del suelo se tomaron en cuenta 6 indicadores físicos de los 13 que sugiere la guía de (Noellemeyer & et al, 2021) pero hay que tomar en cuenta que estos también incluyen indicadores biológicos por eso se tomó en cuenta la evaluación que realizó (Valdivia & et al, 2019) en su investigación donde solo trabaja con 8 indicadores y sugiere los siguientes rangos de evaluación para la calidad del suelo, según los indicadores con los que trabajamos.

Una vez efectuada la evaluación, se realizó la ponderación para lo cual se multiplica el factor de ponderación de cada propiedad física por la evaluación para luego sumar y así comparar con los rangos para establecer la calidad del suelo.

Tabla 3-2: Evaluación de los indicadores físicos de la calidad del suelo

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO	ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL SUELO
Pobre	< 10
Moderado	10 - 25
Bueno	> 25

Fuente: (Valdivia & et al, 2019)

3.4.8. Objetivo 4: Elaborar un mapa de las propiedades físicas del suelo en el transecto de estudio, utilizando sistemas de información geográfica (SIG)

La interpolación de las propiedades físicas del suelo en Qgis implica estimar valores en ubicaciones que no se encuentran muestreadas, basándose en los datos recolectados en lugares específicos, para esta metodología según (Vargas Diaz & et al, 2023) se implementó la técnica de interpolación Inverso de la Distancia Ponderada (IDW), para utilizar el métodos se debe tener en cuenta que se encuentran georreferenciados los datos de las propiedades físicas en un sistema de coordenada UTM dependiendo de las características específicas de los datos y el área de estudio.

3.4.8.1. Procedimiento

- Organizar los datos en la tabla de Excel colocando los datos de latitud y longitud de los puntos muestreados y colocar los resultados obtenidos de cada propiedad física del suelo en cada unidad muestreada.
- Georreferenciar los datos de la cantidad de organismos, utilizando spatial join para unir la capa de datos de cada propiedad con la malla de puntos muestreados.
- Se utilizó la herramienta de interpolación IDW, se seleccionó la capa de punto unidos con la capa de entrada, se configuró los parámetros, como el campo de valores de cada propiedad física del suelo y la distancia de búsqueda.
- Se cargó la capa interpolada en el mapa y se visualizó la superficie resultante.
- Se analizó la distribución espacial de la interpolación y se buscó los patrones con altos y bajos del estimado.
- Se procedió a exportar los mapas resultantes de cada una de las propiedades físicas del suelo.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caracterización de las propiedades físicas de los perfiles y horizontes del suelo

4.1.1. Unidad muestral 1

La calicata está en las coordenadas 1° 28' 7.46"S 78° 13' 34.71"W. El espacio en que se realizó es un lugar relativamente plano donde actualmente tiene un uso de suelo forestal, y se observó cuatro horizontes de suelo:



Ilustración 4-1: Calicata del perfil 1.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.1.1. Horizonte O

En el horizonte O se encontró un suelo con presencia de vegetación, un grosor de 2 cm, además, presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.1.2. Horizonte A

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 16 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón muy oscuro 10 YR – 2/2 y en seco un color marrón grisáceo 10 YR – 4/2 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.1.3. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 21 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 2,5 Y – 3/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.1.4. Horizonte C

En el horizonte C se encontró un suelo con presencia de material endurecido, un grosor de 16 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón amarillento opaco 10 YR – 5/3 y en seco un color marrón grisáceo 10 YR – 5/2 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.2. Unidad muestral 2

La calicata está en las coordenadas 1°28'7.38"S 78°13'35.38"W. El espacio en que se realizó es un lugar relativamente plano donde actualmente tiene un uso de suelo forestal, y se observó cinco horizontes de suelo:



Ilustración 4-2: Calicata del perfil 2.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.2.1. Horizonte O

En el horizonte O se encontró un suelo con presencia de vegetación, un grosor de 1,3 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.2.2. Horizonte A

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 12 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 3/4 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.2.3. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 18 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color negro parduzco 7,5 YR – 3/2 y en seco un color café 10 YR – 5/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.2.4. Horizonte B

En el horizonte B se encontró un suelo con presencia de piedras gruesas, un grosor de 14 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 5/4 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) este color se debe a la presencia de ácidos fúlvicos.

4.1.2.5. Horizonte C

En el horizonte C se encontró un suelo con presencia de material endurecido, un grosor de 9 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 2,5 Y – 3/2 y en seco un color marrón grisáceo 10 YR – 5/2 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.3. Unidad muestral 3

La calicata está en las coordenadas 1°28'5.06"S 78°13'37.98"W. El espacio en que se realizó es un lugar relativamente plano donde actualmente tiene un uso de suelo forestal, y se observó cuatro horizontes de suelo:



Ilustración 4-3: Calicata del perfil 3.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.3.1. Horizonte O

En el horizonte O se encontró un suelo con presencia de vegetación, un grosor de 2 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color negro parduzco 7,5 YR – 2/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.3.2. Horizonte A

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 13 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón muy oscuro 10 YR – 2/2 y en seco un color marrón grisáceo 10 YR – 4/2 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.3.3. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 14 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 2,5 Y – 3/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.3.4. Horizonte C

En el horizonte C se encontró un suelo con presencia de material endurecido, un grosor de 23 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 3/4 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.4. *Unidad muestral 4*

La calicata está en las coordenadas 1°28' 6.71"S 78°13'42.30"W. El espacio en que se realizó es un lugar relativamente plano donde actualmente tiene un uso de suelo forestal, y se observó cuatro horizontes de suelo:



Ilustración 4-4: Calicata del perfil 4.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.4.1. *Horizonte O*

En el horizonte O se encontró un suelo con presencia de vegetación, un grosor de 3 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón muy oscuro 10 YR – 2/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.4.2. *Horizonte A*

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 17 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 2,5 Y – 3/2 y en seco un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.4.3. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 17 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón oscuro 10 YR – 3/3 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 4/6 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) este color se debe a la presencia de ácidos fúlvicos.

4.1.4.4. Horizonte C

En el horizonte C se encontró un suelo con presencia de material endurecido, un grosor de 9 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón amarillento opaco 2,5 Y – 6/4 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 3/4 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.5. Unidad muestral 5

La calicata está en las coordenadas 1°28'9.83"S 78°13'36.95"W. El espacio en que se realizó es un lugar plano donde actualmente se evidencia la presencia de potrero, y se observó tres horizontes de suelo:



Ilustración 4-5: Calicata del perfil 5.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.5.1. Horizonte A

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 13 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón 10 YR – 4/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.5.2. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 33 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 3/4 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.6. Unidad muestral 6

La calicata está en las coordenadas 1°28'9.97"S 78°13'36.74"W. El espacio en que se realizó es un lugar relativamente plano donde actualmente tiene un uso de suelo forestal, y se observó cuatro horizontes de suelo:



Ilustración 4-6: Calicata del perfil 6.

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.1.6.1. Horizonte O

En el horizonte O se encontró un suelo con presencia de vegetación, un grosor de 2,5 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo 10 YR – 5/2 y en seco un color gris claro 10 YR – 7/1 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) este color se debe a la presencia de cuarzo (SiO₂).

4.1.6.2. Horizonte A

En el horizonte A se encontró un suelo con presencia de raíces, un grosor de 13 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color café 10 YR – 5/3 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) la característica visible relacionada con los compuestos orgánicos o minerales se relaciona con el grado de evolución de la materia orgánica en este caso se debe a la presencia de ácidos húmicos.

4.1.6.3. Horizonte E

En el horizonte E se encontró un suelo con presencia de pequeñas piedras, un grosor de 15 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color gris 7,5 YR – N/5 y en seco un color gris 7,5 YR – 6/N que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) este color se debe a la presencia de cuarzo (SiO₂).

4.1.6.4. Horizonte C

En el horizonte C se encontró un suelo con presencia de material endurecido, un grosor de 22 cm, además, el suelo presenta en húmedo un color marrón amarillento opaco 10 YR – 5/3 y en seco un color gris claro 10 YR – 7/1 que de acuerdo a (Castro Méndez, 2018) este color se debe a la presencia de cuarzo (SiO₂).

4.1.7. Espesor de horizontes del suelo en las unidades muestrales

En la Ilustración 4-7 los datos proporcionados representan el espesor de cada horizonte identificado en las distintas unidades muestrales.

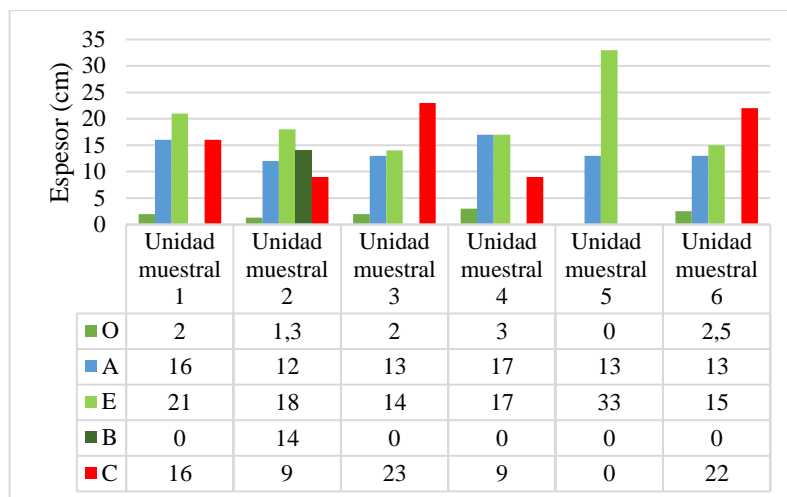


Ilustración 4-7: Horizontes del suelo en cada unidad muestral.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En el horizonte O, se observan espesores en el rango de 1.3 cm a 3 cm, ya que este horizonte como se coincide con (Delgado & et al, 2006, p. 101) se desarrolla en los suelos forestales y no en suelos bajo pastura como es el caso de la unidad muestral 5, teniendo la particularidad de acumular carbono a través del depósito de hojarasca y siendo la unidad muestral 4 la unidad con la mayor profundidad.

El espesor del horizonte A de acuerdo a (Bucher & Zuccardi, 1967, pp. 83-95) va desde los 0 – 40 cm, tal como se observa en la Ilustración 4-7 la variabilidad no tan distante que va desde los 12 – 17 cm siendo la unidad muestral 4 la que exhibe la mayor profundidad que es de 17 cm. Este horizonte influye en la mayoría de propiedades del suelo, también cuenta con la presencia de pequeñas raíces finas tal como lo cita (Schlatter, 1991) en (Murray Núñez & et al, 2011, pp. 27-35) lo cual es una característica evidente en cada uno de los perfiles de las unidades muestrales, propiciando tal como lo menciona (Vásquez & et al, 2001, pp. 136-143) condiciones para una buena mineralización de materia orgánica y la provisión de nitrógeno.

En el horizonte E como lo menciona (Gardi & et al, 2014, p. 176) puede ir desde los 12 cm hasta los 18 cm en suelos con uso forestal como es en las unidades muestrales 1, 2, 3, 4 y 6; y de acuerdo con (Gerding & Thiers, 2002, pp. 819-833) se limita el desarrollo de raíces a más profundidades, es por ello que se identifica una profundidad significativa en la unidad muestral 5, ya que el uso de suelo es potrero alcanzando 33 cm siendo esta la mayor profundidad en este horizonte.

El horizonte B solo se presenta en la unidad muestral 2 y fue evidente la presencia de acumulación de precipitación debido que se encontraba en una depresión y se coincide con (Quintana & Mildred, 2019) al igual que su coloración es más clara al horizonte subyacente que es el horizonte E el cual

presenta en húmedo un color negro parduzco 7,5 YR – 3/2 y en seco un color café 10 YR – 5/3 y ya el horizonte B el suelo presenta en húmedo un color marrón grisáceo muy oscuro 10 YR – 3/2 y en seco un color marrón amarillento opaco 10 YR – 5/4.

Por último, el horizonte C revela espesores variables, con la unidad muestral 3 y 6 alcanzando el mayor espesor de 23 y 22 cm que fueron donde netamente se encontraron material parental, en las unidades muestrales 1, 2, y 4 se encontraron material similar es decir material parecido al del material madre y lo cual es válido para la identificación de este horizonte según lo menciona (Albán León, 2019, p. 31). En la unidad muestral 5 no se encontró este horizonte debido a que la roca madre tenía alteraciones, ya que hasta encontrar el material endurecido se mostraron en los anteriores horizontes (A-E) con raíces de herbáceas lo cual podría indicar según (Pulido Fernández, 2014, pp. 150-151) bajos valores en las propiedades químicas y biológicas y como menciona (Albán León, 2019, p. 20) este horizonte prácticamente no presenta raíces.

4.2. Color, estructura, textura, porosidad, profundidad y compactación de las muestras del suelo

4.2.1. Color

Tabla 4-1: Color del suelo.

Unidad muestral	Lectura	Interpretación
1	10YR4/3	Pardo grisáceo
2	10YR3/4	Pardo amarillento oscuro
3	10YR5/2	Pardo grisáceo
4	10YR6/3	Pardo pálido
5	10YR4/3	Pardo oscuro
6	10YR7/1	Gris claro

Realizado por: Alava, G., 2024.

Los colores 10YR fueron evidentes en todas las unidades muestrales como se puede observar en la Tabla 4-1, los cuales son muy característicos en el bosque húmedo Premontano (bh-PM) de acuerdo a la investigación de (Páliz, 2016, pp. 10), según menciona que es debido al contenido de carbono orgánico de aproximadamente 0.1 (kg.m⁻².cm⁻¹), en su investigación (Dubón, 2007, pp. 24) señala que está asociado principalmente por la acumulación de residuos provenientes de la vegetación. Las tonalidades de marrón y gris son típicos de las altitudes en las que se encuentra el área de estudio (Gardi & et al, 2014).

4.2.2. Estructura

Tabla 4-2: Estructura del suelo.

Unidad muestral	Estructura
1	Granular
2	Granular
3	Granular
4	Granular
5	Bloques subangulares
6	Bloque subangulares

Realizado por: Alava, G., 2024.

La estructura del suelo en las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4 se clasifica como granular y se coincidió con (Aubán & et al, 1994, p. 22) que se caracteriza por la presencia de agregados de forma redondeada u ovalada, generalmente de tamaño pequeño a mediano. Según (Meza Pérez & Geissert Kientz, 2006) los suelos con uso de suelo forestal presentan esta estructura, ya que para (Mataix Solera & Guerrero, 2007, pp. 5-40) tiene una buena capacidad de drenaje y aireación, lo cual es beneficioso para el desarrollo forestal.

En la unidad muestral 5, se identificó una estructura de bloque subangulares y se coincidió con (Ferreira Cuéllar & Torres López, 2014, p. 18) que esta se caracteriza por la presencia de agregados de forma angular con bordes definidos. Además, la presencia de esta en la unidad muestral según (Meza Pérez & Geissert Kientz, 2006, pp. 163-170) es porque la estructura se degrada principalmente por el uso de suelo potrero, el cual podría indicar una mayor compactación debido al pastoreo. La estructura del suelo en la unidad muestral 6 también se clasifica como bloque subangular, al igual que en la unidad 5. Sin embargo, es importante destacar que esta área tiene un uso dual del suelo, siendo utilizado tanto para fines forestales como para pastoreo.

4.2.3. Textura

Tabla 4-3: Textura del suelo.

Unidad muestral	Textura
1	Franco arenoso
2	Franco arenoso
3	Franco arenoso
4	Franco arenoso
5	Franco limoso
6	Franco arenoso

Realizado por: Alava, G., 2024.

Las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4, con textura franco arenoso según (Torres Olortegui, 2018, p. 10) son comunes en zonas forestales y más en esta zona, ya que son suelos ligeros desarrollados a partir cenizas volcánicas, asociados a afloramientos rocosos en las altas montañas, además que (Bran, Ayesa, & López, 2002, pp. 3) menciona que es debido a que la arena aporta permeabilidad y drenaje, mientras que la arcilla proporciona retención de agua y nutrientes.

La unidad muestral 5 se encuentra en un potrero de relieve con pendiente ligeramente ondulado, con textura franco limoso que según (Yépez & et al, 2014, p. 14) permite el desarrollo de pasto para suelos con uso de potrero. Además (Carvajal & et al, 2020, pp. 291-309) menciona que la cantidad de limo aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que la hace ideal para el crecimiento de pastos.

La unidad 6, también es franco arenoso, con la única diferencia del resto de unidades muestrales es que tiene un uso de suelo dual ya que tiene presencia de potrero, pero también un reducto de bosque. Pese a esta condición (Castro, 2003) argumenta que este tipo de textura también permite soportar el pisoteo del ganado y proporcionar nutrientes a los árboles.

4.2.4. Porosidad

Tabla 4-4: Porosidad total, macroporosidad densidad aparente y densidad real.

Porosidad total %	Gr/cm ³	
	DA	DR
57	1.49	2.6
58.8	1.47	2.5
52.3	1.42	2.7
53.6	1.34	2.5
52.08	1.25	2.4
49.6	1.19	2.4

Realizado por: Alava, G., 2024.

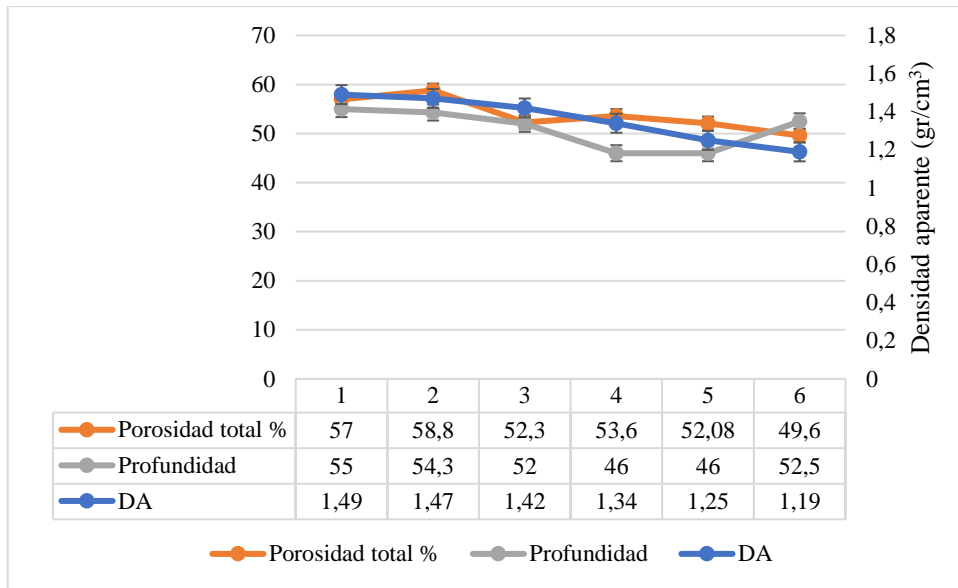


Ilustración 4-8: Porosidad del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En las unidades muestrales la evolución de cenizas volcánicas transportadas eólica o aluvialmente, bajo un régimen de humedad abundante, que cubren diversos tipos de materiales que dan origen a texturas como el franco arenoso (unidades muestrales 1, 2, 3, 4 y 6) y franco limoso si se trata de materiales más recientes como es el caso de la unidad muestral 5 la cual está sufriendo cambio de uso de suelo por ende tiene densidad aparente media baja, pero su macroporosidad es solo media. Esto sugiere una posible compactación superficial que podría afectar la infiltración de agua y el desarrollo de las raíces (Gayoso & Alarcón, 1999, pp. 81-84).

Las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4 presentan una mayor porosidad por lo que de acuerdo a (Noguera & Vélez, 2011, pp. 40-52) se encontraron que en suelos forestales la porosidad total es alta, así como las pocas pérdidas de suelo y agua que se producen en él, de acuerdo a su textura tienen una densidad aparente y una macroporosidad media, lo cual significa que tienen una buena porosidad y aireación. Esto es beneficioso para el crecimiento de árboles en áreas forestales, debido a que en el bosque la cobertura es de mayor protección que favorece la infiltración, y la permeabilidad, situación que también se refleja en las menores pérdidas de suelo y agua (Noguera & Vélez, 2011, pp. 40-52). La unidad muestral 6 presenta características similares tanto de las unidades muestrales que tienen netamente uso de suelo forestal tanto de la unidad muestral 5.

4.2.5. *Relación entre densidad Aparente (g/cm³) con la textura y estructura del suelo*

Tabla 4-5: Relación entre densidad aparente (g/cm³), textura y estructura del suelo.

Unidad muestral	Textura	Estructura	gr/cc DA
1	Franco arenoso	Granular	1,49
2	Franco arenoso	Granular	1,47
3	Franco arenoso	Granular	1,42
4	Franco arenoso	Granular	1,34
5	Franco limoso	Bloque subangulares	1,25
6	Franco arenoso	Bloque subangulares	1,19

Realizado por: Alava, G., 2024.

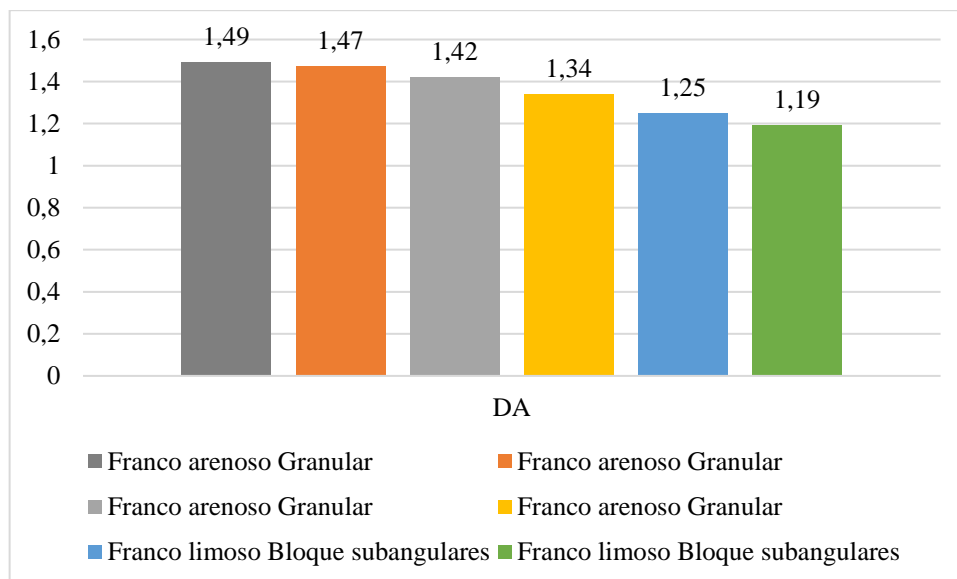


Ilustración 4-9: Relación entre densidad aparente (g/cm³), textura y estructura del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

La densidad aparente se encuentra relacionada con la textura y estructura del suelo (Aguilar Mora & Quille Caiza, 2021), la textura predominante en las unidades muestrales fueron la franco arenoso y franco limoso. (Ibáñez, 2007) resalta que, este tipo de texturas se encuentran dentro de un rango de densidad aparente de 1,14- 1,54 g/cm³, como se puede observar en la Tabla 4-5, las mismas que entran en la clasificación de “textura gruesa” según los rangos establecidos en la investigación de

(Rubio Gutiérrez, 2010) la cual hace referencia a que los suelos que están dentro de esa clasificación cuentan con estructuras granulares a bloques subangulares mismas que concuerdan con los resultados y que además estas estructuras presentan valores bajos de densidad aparentes entre 1,00-1,50 g/cm³, como se puede observar en la Tabla 4-5.

4.2.6. Profundidad

Tabla 4-6: Profundidad del suelo.

Profundidad del suelo					
Unidad muestral 1	Unidad muestral 2	Unidad muestral 3	Unidad muestral 4	Unidad muestral 5	Unidad muestral 6
55 cm	54,3 cm	52 cm	46 cm	46 cm	52,5 cm

Realizado por: Alava, G., 2024.

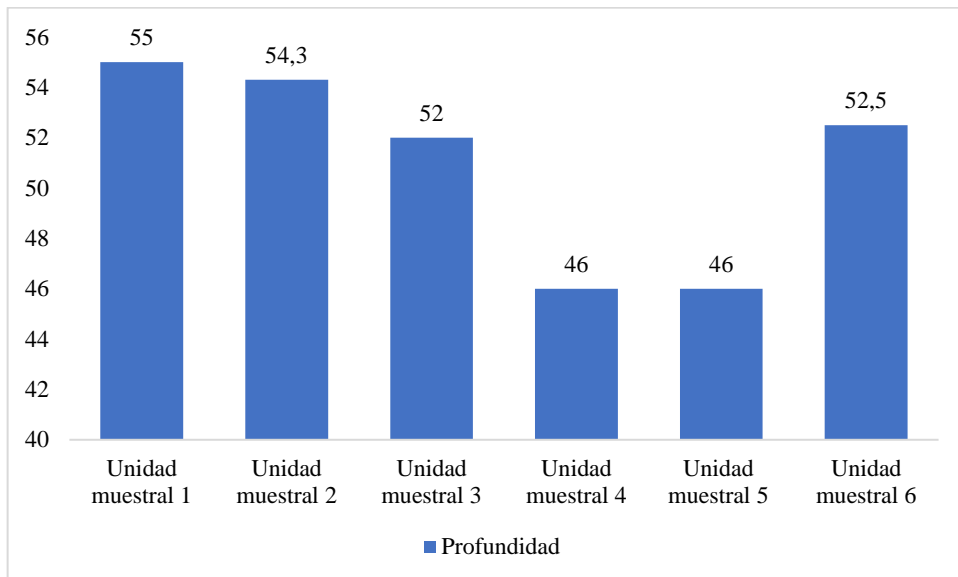


Ilustración 4-10: Profundidad del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

La profundidad del suelo varía entre las unidades muestrales con un rango de 6,5 cm desde la unidad muestral 1 (más profunda) a las unidades muestrales 4 y 5 (menos profundas). Pese a estas diferencias las cuales no difieren tanto, no dejan de pertenecer de acuerdo a la clasificación de profundidad de suelos de (Savagre, 2011) a suelos pocos profundos (30-60cm) y se coincide con la investigación de (Cunguán Haro, 2020) que es debido a la ecorregión en la que se encuentra el Refugio de vida silvestre Yankay, además las texturas que se han estudiado también coinciden para el establecimiento de suelos pocos profundos.

4.2.7. Compactación

4.2.7.1. Unidad muestral 1

Tabla 4-7: Compactación de suelo UM1.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	33	170
2	40	110
3	35	250
4	32	180
5	67	440
6	21	350
7	50	370
8	41	260
9	36	330
10	46	400
11	31	330
12	48	305
13	27	270
14	44	260
15	41	130
Promedio	39,47	277

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.2.7.2. Unidad muestral 2

Tabla 4-8: Compactación de suelo UM2.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	92	420
2	44	350
3	8	370
4	32	300
5	43	250
6	73	330
7	45	250
8	27	140
9	26	200
10	60	330
11	35	305
12	38	360
13	42	400
14	29	350
15	57	300
Promedio	43,4	310,33

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.2.7.3. Unidad muestral 3

Tabla 4-9: Compactación de suelo UM3.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	37	375
2	33	220
3	31	220
4	16	460
5	36	210
6	44	325
7	42	170
8	25	185
9	45	450
10	35	410
11	28	230
12	40	335
13	30	165
14	46	560
15	52	420
Promedio	36,00	315,67

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.2.7.4. Unidad muestral 4

Tabla 4-10: Compactación de suelo UM4.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	32	240
2	42	375
3	43	250
4	49	385
5	14	285
6	28	270
7	41	390
8	16	275
9	29	345
10	26	335
11	36	305
12	39	280
13	35	290
14	31	335
15	29	280
Promedio	32,67	309,33

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.2.7.5. Unidad muestral 5

Tabla 4-11: Compactación de suelo UM5.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	20	320
2	12	660
3	42	360
4	47	360
5	39	430
6	33	300
7	34	380
8	26	440
9	17	470
10	60	300
11	25	400
12	22	450
13	33	200
14	22	270
15	35	360
Promedio	31,13	380,00

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.2.7.6. Unidad muestral 6

Tabla 4-12: Compactación de suelo UM6.

#	Profundidad (cm)	Fuerza (N)
1	43	250
2	37	300
3	38	400
4	10	640
5	35	320
6	32	460
7	23	420
8	34	340
9	29	360
10	56	350
11	15	300
12	48	310
13	41	340
14	47	320
15	41	250
Promedio	35,27	357,33

Realizado por: Alava, G., 2024.

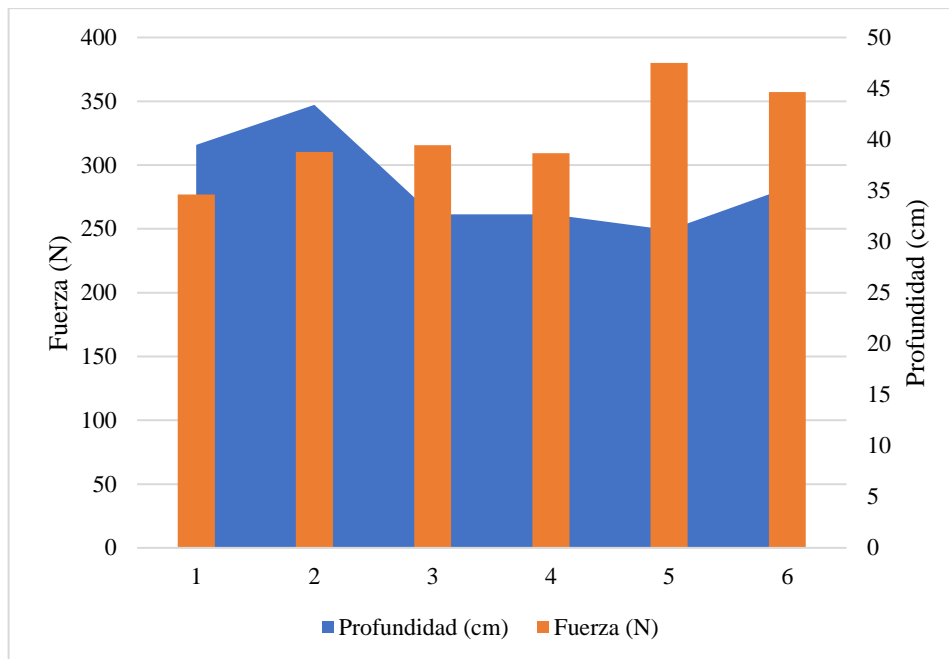


Ilustración 4-11: Compactación del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

Las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4 presentan en promedio una menor resistencia a la penetración (303,08N) como se muestra en la Ilustración 4-12, es decir, cuentan con una buena estructura del suelo y baja compactación, lo que es favorable como se coincide con (Álvarez Cortés & Cárdenas Torres, 2019, p. 57) para el crecimiento y desarrollo de las raíces en las plantas y más aún que estas unidades muestrales tienen un uso de suelo forestal.

La unidad 5 con mayor resistencia a la penetración (380N), presenta una compactación que afecta el desarrollo de las raíces y la infiltración de agua en el potrero que de acuerdo a la investigación de (Vásquez García, 2010, pp. 27-28) este tipo de uso de suelo siempre sufre de compactación debido al paso de ganado bovino.

La unidad muestral 6 con un promedio de resistencia a la penetración de (357,33N), muestra una compactación similar a la unidad muestral 5 debido al pastoreo pero algo más baja, aunque según (Cifuentes Jara & et al, 2004, págs. 1-12) la presencia de árboles ayuda a mejorar la estructura del suelo, es por ello que no se ven valores tan altos como la unidad muestral 5 porque el reducto de bosque ayuda a contrarrestar el problema ya que como menciona (Gayoso & Alarcón, 1999, pp. 14-15) mientras más presencia de hojarasca en el suelo menor va a ser la compactación.

4.3. Calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo

A continuación, se evaluaron las propiedades en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo Tabla 3-1:

4.3.1. Textura

Tabla 4-13: Evaluación de la textura del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Descripción	Condición	Evaluación
1	Franco arenoso	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta.	Moderadamente bueno	1,5
2	Franco arenoso	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta.	Moderadamente bueno	1,5
3	Franco arenoso	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta.	Moderadamente bueno	1,5
4	Franco arenoso	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta.	Moderadamente bueno	1,5
5	Franco limoso	Franco limoso; Fr. arcillo limoso; Arenoso franco	Sonido ligeramente áspero y débil.	Moderado	1
6	Franco arenoso	Franco arcilloso; Fr. arcillo arenoso; Fr. arenoso	Muy liso, pegajoso y plástico. No se agrieta.	Moderadamente bueno	1,5

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.3.2. Estructura

Tabla 4-14: Evaluación de la estructura del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Descripción	Condición	Evaluación
1	Granular	Granular	La estructura del suelo es pulverulenta con predominio de agregados finos y sin mucha presencia de terrones.	Bueno	2
2	Granular	Granular	La estructura del suelo es pulverulenta con predominio	Bueno	2

3	Granular	Granular	de agregados finos y sin mucha presencia de terrones. La estructura del suelo es pulverulenta con predominio de agregados finos y sin mucha presencia de terrones.	Bueno	2
4	Granular	Granular	La estructura del suelo es pulverulenta con predominio de agregados finos y sin mucha presencia de terrones.	Bueno	2
5	Bloques subangulares	Bloques subangulares	El suelo presenta un 50% de terrones densos, firmes y agregados finos fácilmente desmenuzables.	Moderado	1
6	Bloques subangulares	Bloques subangulares	El suelo presenta un 50% de terrones densos, firmes y agregados finos fácilmente desmenuzables.	Moderado	1

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.3.3. Porosidad

Tabla 4-15: Evaluación de la porosidad del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Condición	Evaluación
1	57%	El suelo presenta muchos macroporos dentro y entre los agregados y pocos microagregados, lo que se asocia con una buena estructura del suelo	Bueno	2
2	58,8%	El suelo presenta muchos macroporos dentro y entre los agregados y pocos microagregados, lo que se asocia con una buena estructura del suelo	Bueno	2
3	52,3%	El suelo presenta muchos macroporos dentro y entre los agregados y pocos microagregados, lo que se asocia con una buena estructura del suelo	Bueno	2
4	53,6	El suelo presenta muchos macroporos dentro y entre los agregados y pocos microagregados, lo que se asocia con una buena estructura del suelo	Bueno	2
5	52,08	La presencia de macro y microporos ha disminuido considerablemente, pero aún se observan cerca de los agregados.	Moderado	1

6	49,6	La presencia de macro y microporos ha disminuido considerablemente, pero aún se observan cerca de los agregados.	Moderado	1
---	------	--	----------	---

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.3.4. Color

Tabla 4-16. Evaluación del color del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Condición	Evaluación
1	10YR4/3	Color marrón más claro. Color Munsell 10YR 4/1-5.	Moderado	1
2	10YR3/4	Color marrón oscuro. Color Munsell 10YR 2/1, 2/2, 3/1-5.	Bueno	2
3	10YR5/2	Color marrón más claro. Color Munsell 10YR 4/1-5.	Moderado	1
4	10YR6/3	Color marrón oscuro. Color Munsell 10YR 2/1, 2/2, 3/1-5.	Bueno	2
5	10YR4/3	Color marrón más claro. Color Munsell 10YR 4/1-5.	Moderado	1
6	10YR7/1	Color marrón muy claro, grisáceo. Color Munsell más claro que 10YR 5/1.	Pobre	0

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.3.5. Profundidad

Tabla 4-17: Evaluación de la profundidad del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Condición	Evaluación
1	0,55	0,4 – 0,6 m	Moderado	1
2	0,543	0,4 – 0,6 m	Moderado	1
3	0,52	0,4 – 0,6 m	Moderado	1
4	0,46	0,4 – 0,6 m	Moderado	1
5	0,48	0,4 – 0,6 m	Moderado	1
6	0,525	0,4 – 0,6 m	Moderado	1

Realizado por: Alava, G., 2024.

4.3.6. Compactación

Tabla 4-18: Evaluación de la compactación del suelo en base a los indicadores físicos de la calidad del suelo.

Unidad muestral	Análisis físico	Indicador	Condición	Evaluación
1	277 N	Hay una resistencia baja a la penetración con el penetrometro. Se observan raíces nuevas y viejas. El suelo presenta una porosidad buena.	Bueno	2
2	310,33 N	Hay una resistencia baja a la penetración con el penetrometro. Se observan raíces nuevas y viejas. El suelo presenta una porosidad buena.	Bueno	2
3	315,67 N	Hay una resistencia baja a la penetración con el penetrometro. Se observan raíces nuevas y viejas. El suelo presenta una porosidad buena.	Bueno	2
4	309,33 N	Hay una resistencia baja a la penetración con el penetrometro. Se observan raíces nuevas y viejas. El suelo presenta una porosidad buena.	Bueno	2
5	380,00 N	El suelo tiene una resistencia a la penetración moderada. Hay pocas raíces nuevas y viejas.	Moderado	1
6	357,33 N	El suelo tiene una resistencia a la penetración moderada. Hay pocas raíces nuevas y viejas.	Moderado	1

Realizado por: Alava, G., 2024.

Se observa en las Tabla 4-14 a la Tabla 4-19 que las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4 en las propiedades físicas estructura, porosidad y compactación de acuerdo a la evaluación de indicadores de la calidad del suelo presentan una condición buena, en la textura y profundidad van desde moderadamente buena a moderada, en el color la 1 y 3 presentan una condición moderada mientras que la 2 y 4 buena. La unidad muestral 5 tiene una condición moderada en todas las propiedades físicas casi algo similar pasa en la unidad muestral 6, con la única diferencia que la misma en la textura tiene una condición moderadamente buena y en el color pobre.

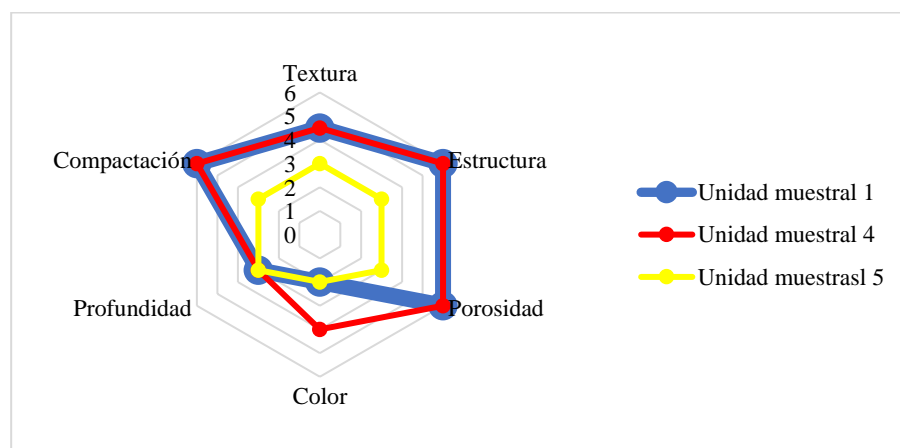
4.3.7. Ponderación de la evaluación de la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo

Respecto a la ponderación de evaluación de la calidad del suelo en base a los indicadores físicos en cada una de las unidades muestrales, se puede decir que, según la Tabla 4-20 las unidades muestrales 1, 2, 3 y 4 presentan suelos de buena calidad y la 5 y 6 son moderadas lo cual concuerda con los resultados de la investigación de (Rika Kubota et al. 2021, pp. 19-38) ya que es debido al uso de suelo que tienen cada una.

Tabla 4-19: Ponderación de la evaluación de la calidad del suelo en base a los indicadores físicos el suelo.

Indicador	Factor de ponderación	Uso de suelo Forestal				Uso de suelo potrero	Uso de suelo dual forestal/potrero
		Unidad muestral 1	Unidad muestral 2	Unidad muestral 3	Unidad muestral 4	Unidad muestral 5	Unidad muestral 6
Textura	X 3	4,5	4,5	4,5	4,5	3	4,5
Estructura	X 3	6	6	6	6	3	3
Porosidad	X 3	6	6	6	6	3	3
Color	X 2	2	4	2	4	2	0
Profundidad	X 3	3	3	3	3	3	3
Compactación	X 3	6	6	6	6	3	3
ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO		27,5	29,5	27,5	29,5	17	16,5

Realizado por: Alava, G., 2024.



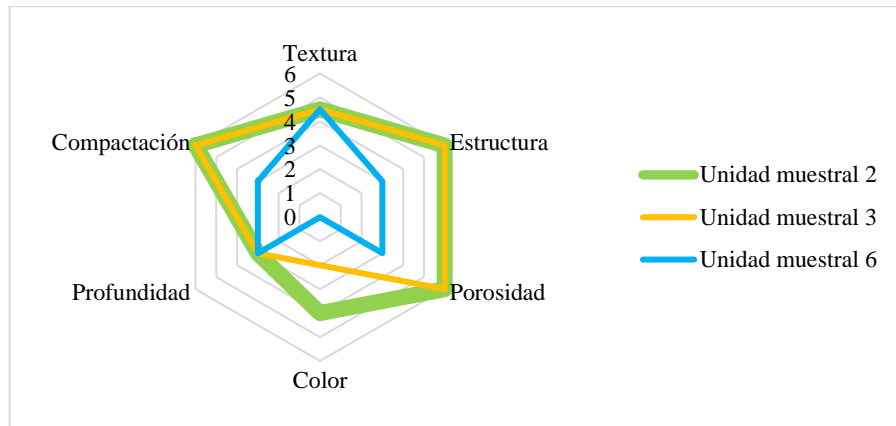


Ilustración 4-12: Evaluación de la calidad del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

Los suelos de calidad según los indicadores físicos como se coincide con (Domínguez Soto & et al, 2012) presentan densidades aparentes altas como se observa en la Tabla 4-5, presencia de muchos macroporos dentro entre los agregados y pocos microagregados, estructura granular o en bloques granulares ya que facilitan la circulación de agua, aire y raíces, presentándose en la textura de los suelos contenidos de arcilla bajos asociados a contenidos de arena altos, dando así suelos franco arenosos y franco limosos y baja resistencia a la penetración, es por ello que las unidades muestrales 2 y 4 presentan la mejor calidad, seguidas de la 1 y 3 y siendo las 5 y 6 de menor calidad, pese a esto en general la calidad de los suelos va de moderados a buenos.

4.4. Mapas de las propiedades físicas del suelo

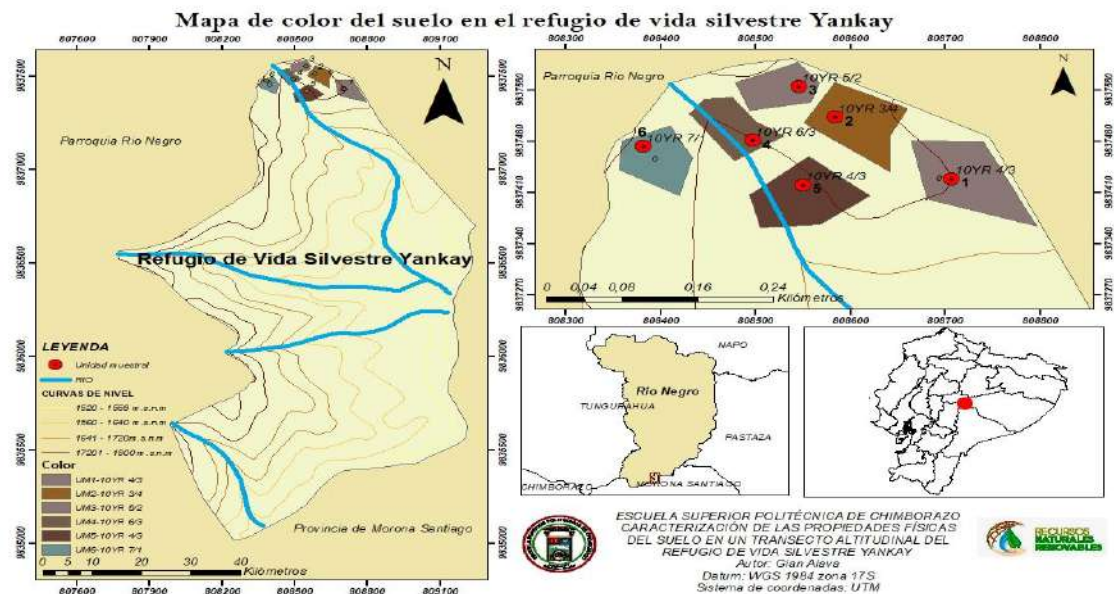


Ilustración 4-13: Mapa de color del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-15, se puede observar los diferentes colores del suelo en el Refugio de vida silvestre Yankay, para lo cual se utilizó el mismo código de color que se identificó del suelo para cada unidad en el mapa, el color pardo grisáceo para la unidad muestral 1 y 3, en la 2 pardo amarillento oscuro, en la 4 pardo pálido, en la 5 pardo oscuro y en la 6 gris claro.

Al analizar los patrones espaciales del color distribuidos en el 21% del área de la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay, resultó que las unidades muestrales más cercanas al riachuelo tienen colores más marrones, mientras que las zonas más alejadas llegan a tonos marrones claros y amarillentos e incluso gris, esto se da porque la presencia de agua como agente formador de suelos, da colores que son muy oscuros (Deschamps 2002, p. 12).

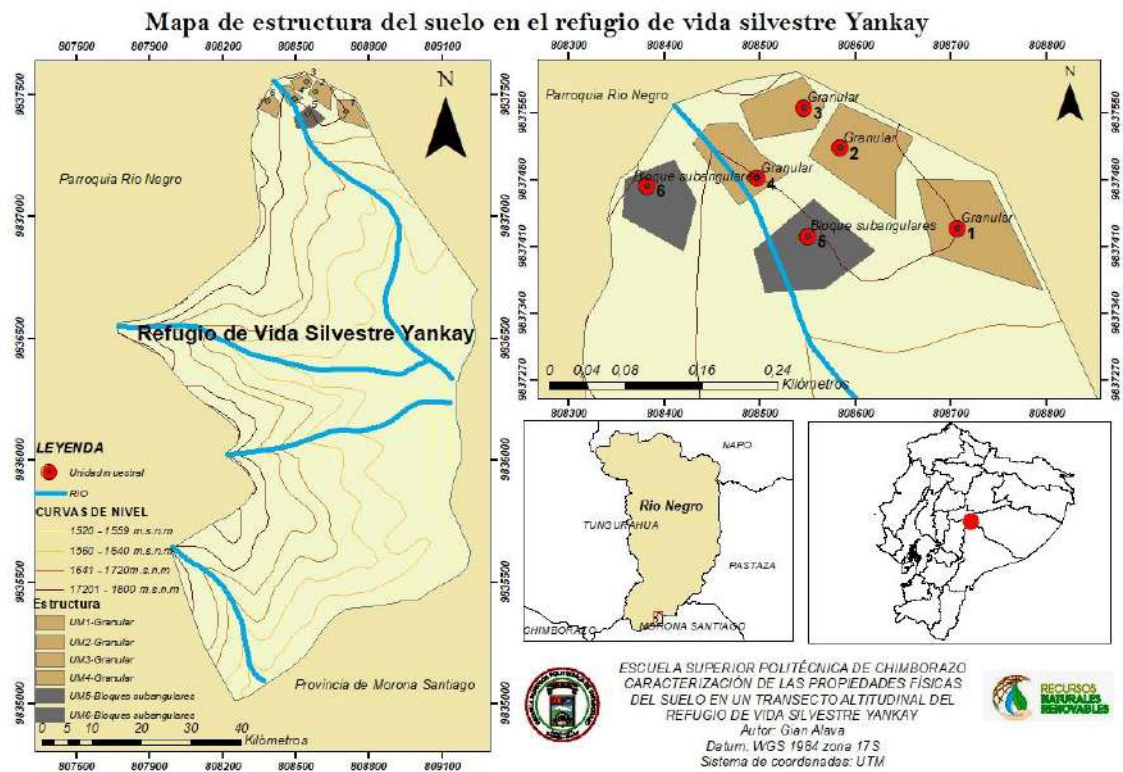


Ilustración 4-14: Mapa de estructura del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-16, se puede observar los diferentes tipos de estructuras del suelo en el Refugio de vida silvestre Yankay, donde para la estructura granular se utilizó un color café pertenecientes a las unidades muestrales 1, 2, 3, 4 y para la estructura en bloque subangulares se utilizó un color gris perteneciente a la unidad muestral 5 y 6.

Al analizar los patrones espaciales de la estructura distribuidos en el 21% del área de la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay, resultó que de acuerdo a (Oliva & et al, 2001, pág. 22) la altitud en la que se encuentran las unidades muestrales coinciden con las estructuras granular y bloques subangulares.

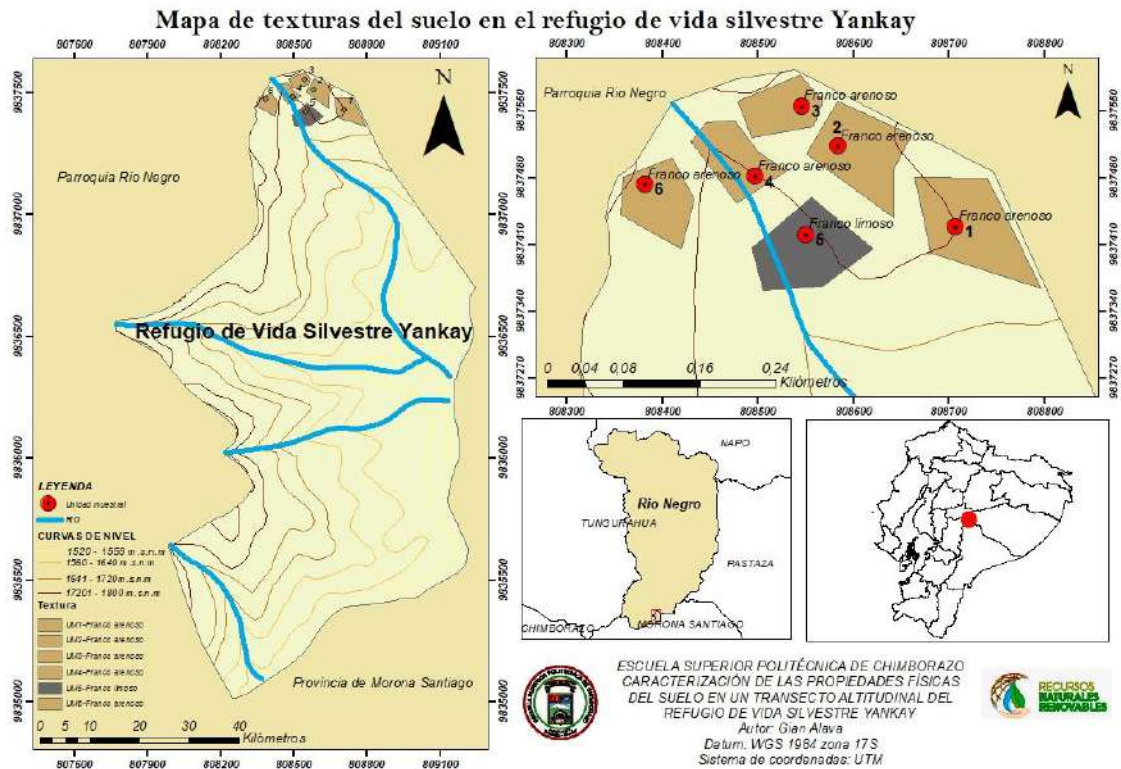


Ilustración 4-15: Mapa de texturas del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-17, se puede observar los diferentes tipos de texturas del suelo en el Refugio de vida silvestre Yankay, donde para las texturas franco arenosas se utilizó un color café pertenecientes a las unidades muestrales 1, 2, 3, 4 y 6 y para la textura franco limosa se utilizó un color gris perteneciente a la unidad muestral 5.

Al analizar los patrones espaciales de la textura distribuidos en el 21% del área de la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay, resultó que en general el porcentaje de arena en el suelo es (50,28 - 90,06%), con valores bajos de otros separados minerales restantes como son arcilla (6,6 - 30,13%) y limo (10,01 - 50,0%).

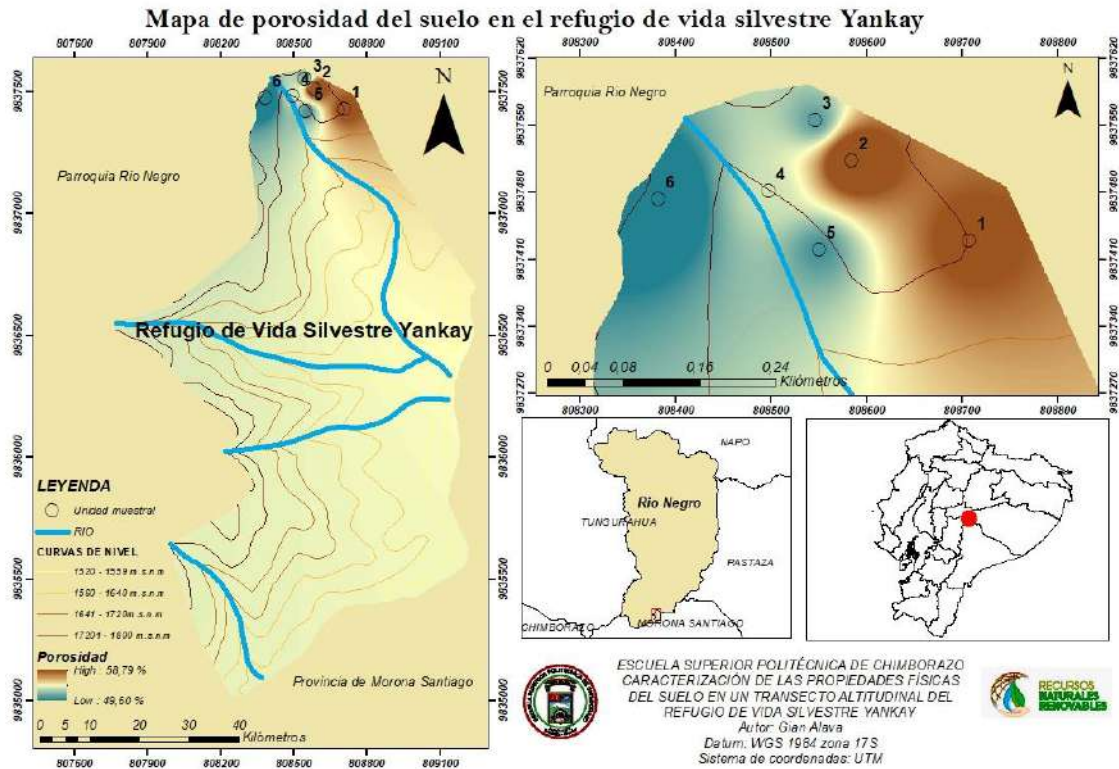


Ilustración 4-16: Mapa de porosidad del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-18, se observa que los valores de porosidad de la zona estudiada varían entre 49,6004 y 58,7944 %, siendo las unidades más bajas representadas por el color azul y las más altas por el color café; las unidades muestrales 3, 5 y 6 presentan menor porcentaje de porosidad, las unidades muestrales 1 y 2 presentan mayor porcentaje de porosidad; mientras que, la unidad muestral 4 se encuentra en tonalidades intermedias, es decir, que tiene valores entre las unidades con mayor porcentaje de porosidad y las de menor.

Al analizar los patrones espaciales la porosidad total en la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay resultó media alta lo cual coincide con Geissert & Ibáñez (2008, págs. 213-222) que es favorable para el buen desarrollo de las raíces de las plantas y la circulación del agua, distribuidos en el 84,6% del área, la porosidad media se localiza en la zona central con disminución hacia el noroeste y aumento al noreste.

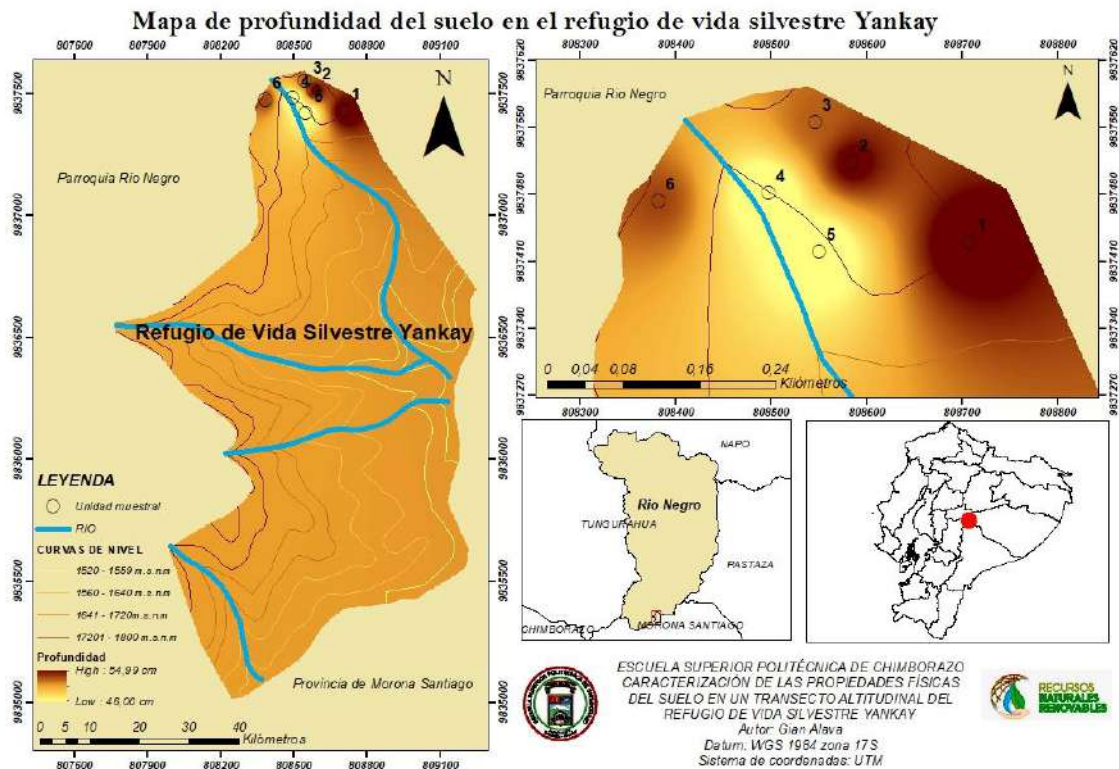


Ilustración 4-17: Mapa de profundidad del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-19, se observa que los valores de profundidad de la zona estudiada varían entre 46,0008 a 54,999 cm siendo las unidades más bajas representadas por el amarillo y las más altas por el color marrón; las unidades muestrales 4 y 5 presentan menor profundidad, las unidades muestrales 1 y 2 presentan mayor profundidad y las unidades muestrales 3 y 6 se encuentran en tonalidades intermedias, es decir, que tienen profundidades entre los valores de las unidades con mayor profundidad y las de menor.

Al analizar los patrones espaciales la profundidad resultó dar suelos pocos profundos, distribuidos en el 34,3% del área en la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay, las unidades menos profundas se localizan en las zonas más cercanas al riachuelo con aumento al noroeste y noreste.

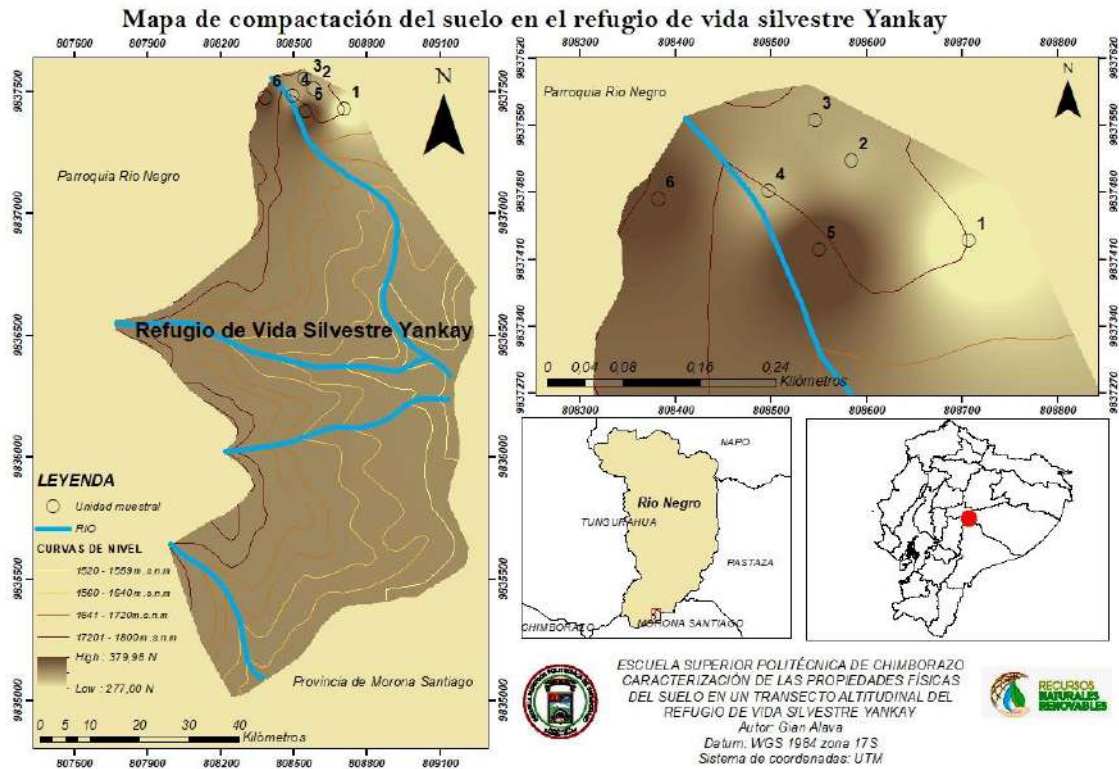


Ilustración 4-18: Mapa de compactación del suelo del suelo.

Realizado por: Alava, G., 2024.

En la Ilustración 4-20, se observa que los valores de compactación de la zona estudiada varían entre 277,004 a 379,988 N que es resistencia a la penetración, para lo cual las zonas más cercanas al blanquecino como lo es la unidad muestral 1 hace referencia a una menor resistencia a la penetración, en cambio las zonas con tonalidades más cercanas al café tienen mayor resistencia a la penetración como es el caso de las unidades muestrales 5 y 6, las unidades muestrales 2, 3 y 4 se encuentran en tonalidades intermedias, es decir, que tienen valores entre de las unidades con mayor resistencia a la penetración y las de menor.

Al analizar los patrones espaciales la compactación presentó de poca a moderada resistencia a la penetración, distribuidos en el 41,9 % del área en la parte norte del Refugio de vida silvestre Yankay, la menor compactación se localiza en la zona noreste con aumento hacia el noroeste.

CONCLUSIONES

Mediante la caracterización de los perfiles se evidenció en todas las unidades muestrales los horizontes A y E. Los horizontes O y el C no se evidenciaron en la unidad muestral 5, debido al uso de suelo de esta, ya que este horizonte es propio de suelos forestales, asociado a que se forma principalmente por el depósito de hojarasca, el C es porque el horizonte que lo subyace está arrastrado hacia profundidades mayores debido al uso del suelo como pastizal. El horizonte B solo aparece en la unidad muestral 2, debido a que se encontraba en una depresión, con acumulación de precipitación y características en coloración notablemente diferente del horizonte E; las características de los códigos de colores identificados coinciden con la presencia de minerales como húmicos, fúlvicos y cuarzo. Esto quiere decir que, al ser los horizontes A y E los comunes en todas las unidades muestrales, en la zona de estudio existen procesos de formación y transformación activos, así como una buena capacidad de retención y drenaje de agua, lo que generalmente se considera favorable para el crecimiento de plantas y la actividad biológica en el suelo.

En la descripción de las propiedades físicas que se analizaron, para el color se encontró una variedad de tonalidades 10YR4/3, 10YR3/4, 10YR5/2, 10YR6/3 y 10YR7/1 grises y pardas, típicas de los suelos con riqueza en carbono orgánico, habitual de los bosques húmedos Premontano bh-PM, la estructura preponderante fue granular, favorable para el drenaje y la aireación, especialmente beneficiosa en suelos forestales, la textura presentó suelos francos arenosos y francos limosos adecuados para el crecimiento general de vegetación, la porosidad fue variable con mayores valores en las unidades con uso forestal y menores valores en las áreas de potrero sugiere una mayor resistencia a la penetración en las últimas debido al pastoreo, pero se ve mitigada en cierta medida en las zonas con presencia de bosque, la profundidad del suelo es no presenta cambios abruptos en todas las muestras, siendo que todas son suelos poco profundos según la escala (30-60cm), lo que coincide con las características de la región del refugio.

La calidad del suelo se realizó con una evaluación en base a los indicadores establecidos por la Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo. Las unidades muestrales estudiadas presentaron una calidad de suelos moderados a buenos, ya que registraron valores entre los 16,7 a 29,5. Incluso pese a la presencia del cambio de uso de suelo de forestal a potrero, los suelos analizados siguen manteniendo sus condiciones óptimas. Esto indica que, a pesar de la intervención humana, las propiedades físicas del suelo se han conservado adecuadamente, lo que demuestra su capacidad para mantener la calidad a pesar de los cambios de uso. Esta calidad del suelo se atribuye a las condiciones naturales en la que se encuentra el Refugio de vida silvestre

Yankay como: el clima, material parental, relieve, organismos; complementado con el poco impacto antrópico que aún presenta.

La interpretación de los mapas basada en el análisis espacial de las propiedades físicas del suelo revela patrones claros de distribución espacial, permitiendo la identificación de áreas de alta y baja calidad basadas en indicadores físicos evaluados. Se observa una diferencia significativa entre las primeras cinco unidades experimentales y la última, ubicada en el lado opuesto del riachuelo. Esta disparidad sugiere la presencia de características distintivas influenciadas por factores ambientales locales, enfatizando la importancia de considerar la heterogeneidad del entorno en la evaluación de la calidad del suelo.

RECOMENDACIONES

- En las áreas de pasturas (intervención antropogénica) donde se detectó una mayor resistencia a la penetración se recomienda implementar medidas para reducir el impacto del pastoreo, como la rotación de pastizales o la limitación del acceso del ganado al Refugio de vida silvestre Yankay.
- Realizar investigaciones sobre cómo se relaciona la calidad del suelo con la vegetación y la fauna del refugio, con el objetivo proponer estrategias de conservación y manejo.
- Realizar monitoreos entre 5-10 años sobre el estado del suelo para evaluar los cambios a lo largo del tiempo y el impacto de la intervención antropogénica tal como lo menciona (Lupi, 2022), y así ajustar las prácticas de manejo según sea necesario, contribuyendo así a la conservación a largo plazo del refugio Yankay.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUILAR MORA, C., & QUILLE CAIZA, E.** (2021). Evaluación de la calidad y salud del suelo de los ríos zamora y zamora huayco, Subcuenca del Río Zamora, Cantón Loja – Ecuador. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
2. **ALBÁN LEÓN, A.** (2019). *Elementos esenciales (N, P, K), pH y CE del horizonte C en el suelo del campus La María, cantón Mocache.* Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
3. **ÁLVAREZ CORTÉS, D., & CÁRDENAS TORRES, J.** (2019). *Evaluación del Crecimiento de Palma Choapo o Bombona (Dictyocaryum lamarekianum (Mart.) H. Wendl.) en un Bosque Muy Húmedo Premontano del Municipio de Cubarral, Meta.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
4. **ANDINA, D.,** 2023. Guía de estudio Aireación del suelo. *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.,* vol. 3, no. 1,
5. **BARIDÓN, E.,** 2019. TEMA 2: “Morfología del suelo”. *Departamento de ambiente y recursos naturales facultad de ciencias agraria y forestales u.n.l.P.* [en línea], vol. 1, no. 1, ISSN 1098-6596. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42968/mod_resource/content/1/TEMA_2_MORFOLOGÍA_26-03-19.pdf.
6. **BAUTISTA, F. y AGUILERA ANAHI,** 2023. *Propiedades del suelo y procesos: hacia un conocimiento global y multidisciplinario del recurso suelo.* S.l.: s.n. ISBN 9786079510657.
7. **BAUTISTA NIAMPIRA, N.G.,** 2020. Propiedades físicas del suelo, factor de prioritaria atención dentro de la productividad agrícola. *Andrew's Disease of the Skin Clinical Dermatology.* [en línea], Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36739/ngbautistan.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
8. **BÉLTRAN RAMOS, S.B.,** 2021. Bases Edafológicas de la Bioingeniería del suelo para potenciar la sostenibilidad de las funciones ecológicas de la Región Adina. [en línea], Disponible en: https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4033/Monografia_Bioing_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
9. **BUITRAGO, A., MARÍN, J. y GARCÍA, D.,** 2022. Efectos del material parental y de las propiedades físico-mecánicas en la fertilidad de los suelos . Parent material

effect ' s and physical -mechanical properties on soil fertility . [en línea], Disponible en:

<https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2020/07/16/091a7622f0237a28745a136166605c006483f448.pdf>.

10. **CAMAYO FERNANDEZ, C.D.**, 2015. Caracterización Física Del Suelo De La Granja Experimental De La Universidad Del Valle. *Universidad del Valle - Trabajo de grado*,
11. **CARRASCO JIMÉNEZ, J. y ORTIZ LIZANA, M.**, 2013. Propiedades físicas del suelo, que condicionan el desarrollo de frutales en la región de O'Higgins. *Boletín INIA* [en línea], vol. 227, Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38176.pdf>.
12. **CASANOVA, M., VERA, W., LUZIO, W. y SALAZAR, O.**, 2004. Edafología Guía de Clases Prácticas. ,
13. **CIANCAGLINI, N.**, 2017. R-001-Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. [en línea], Disponible en: http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO_R001_Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.pdf.
14. **CORBELLA, R.D.**, 2023. Cátedra de Edafología 1. INTRODUCCIÓN FÍSICA DEL SUELO. [en línea], Disponible en: www.edafologia.com.arwww.edafologia.org.
15. **DE ELVIRA, A.R.**, 2010. Clima y cambio climático. *Ecosistemas*, vol. 10, no. 3, ISSN 16972473. DOI 10.7818/re.2014.10-3.00.
16. **DESCHAMPS, J.R.**, 2002. Hongos silvestres comestibles del Mercosur con valor gastronómico. ,
17. **ESPOCH, 2022**. Río Negro - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [en línea]. [consulta: 8 febrero 2024]. Disponible en: <https://historicoweb.esPOCH.edu.ec/index.php/estaciones-experimentales/280-rio-negro.html>.
18. **FAO, 2009**. Guía para la descripción de suelos.
19. **FIDEL LÓPEZ, C., et al.**, 2020. Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural De Rio Negro Periodo Administrativo 2019-2023. , ISSN 2019-2023.
20. **FLORES DELGADILLO, L. y ALCALÁ MARTÍNEZ, J.**, 2010. Manual de Procedimientos Analíticos Física de Suelos. *Instituto de Geología (UNAM)* [en línea],

- ISSN 03406199. Disponible en:
<https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/lfs/manualLFS.pdf>.
21. **GARCÍA, L.**, 2017. Metodología de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo. *UNAG - NICARAGUA* [en línea], Disponible en:
<https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>.
22. **GISBERT, J., IBÁÑEZ, S. y MORENO, H.**, 2008. La textura de un suelo. *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], vol. 4, no. 1, Disponible en:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.
23. **GONZÁLEZ, O., IGLESIAS, C. y HERRERA, M.**, 2009. Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. (Analysis of the factors that cause soil compaction). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], vol. 18, Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215937011.pdf>.
24. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P.**, 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960. Disponible en:
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf.
25. **INIA**, 2015a. El suelo. 2015 [en línea], Disponible en:
<http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/Los Suelos.pdf>.
26. **INIA**, 2015b. Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas: INIA Tacuarembó. *El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)*,
27. **IUCN**, 2019. Áreas protegidas y uso del suelo | IUCN. [en línea]. [consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/nuestro-trabajo/areas-protegidas-y-uso-del-suelo>.
28. **JUÁREZ, V.**, 2018. Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira - Piura. ,
29. **LASSO, S. V.**, 2017. Evaluación del Uso Recreativo y Turístico del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa Evaluation of Recreational and Tourist Use of the Pasochoa Wildlife Refuge. *Investigación de la Ciencia Turística*, no. 11, ISSN 2588-0861.
30. **LITUMA, H.**, 2012. TESIS “Los Senderos Pasaje del Mono y El Faro como

atractivos ecoturísticos del Refugio de Vida Silvestre Marino Costero Pacoche”.
Universidad Particular “San Gregorio de Portoviejo” Carrera de Ingeniería en Ecoturismo,

31. **LUZIO, W.**, 2004. Guía de clases prácticas. ,
32. **MARTÍNEZ-CAMILO, R.**, 2023. Diversidad y estructura del bosque de niebla en la Sierra Madre de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 71, no. 1, ISSN 22152075. DOI 10.15517/rev.biol.trop..v71i1.50771. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v71n1/0034-7744-rbt-71-01-e50771.pdf>.
33. **MARTÍNEZ, S. y GARBI, M.**, 2020. Actualización del Apunte de Climatología y Fenología Agrícolas del CEA 1979, basado en las clases teóricas del Ing. Agr. Edmundo Damarío. ,
34. **MEDINA, G., LEÓN, O. y JIMÉNEZ, D.**, 2016. Protocolos metodológicos para la caracterización de las comunidades bióticas a lo largo del gradiente altitudinal bosque-páramo. [en línea], no. March, Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v71n1/0034-7744-rbt-71-01-e50771.pdf>.
35. **MIRANDA QUITIAQUEZ, S.X.**, 2012. Evaluación de componentes tecnológicos para el manejo integrado de plagas en naranjilla (*solanum quitoense lam. var. iniap quitoense*) en río negro, provincia de Tungurahua. *Universidad Técnica de Ambato* [en línea], Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2215/1/Tesis-020agr.pdf>.
36. **MORENO RAMÓN, HÉCTOR Y IBÁÑEZ ASENSIO, S.**, 2020. Horizontes del suelo : Nomenclatura y designación de los horizontes genéticos. ,
37. **O. DEL RIO SANTANA, ESPINOZA FRAIRE, A. SÁENZ ESQUEDA, F.C.M.**, 2019. Levantamiento topográfico con drones. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, vol. 1, no. 5,
38. **ONCHI, N.**, 2018. Caracterización De Suelos Con Método Directo E Indirecto En Una Microcuenca Del Sur De Morelia, Michoacán. , no. 443,
39. **PALACIOS, M.A.I.**, 2022. Estudio agrológico y taxonómico de los suelos en el transecto Cruzpampa - Sincos del Valle del Río Mantaro, Región Junín. ,
40. **RIKA KUBOTA, V., et al.** 2021. Efectos de diferentes sistemas de uso de suelo sobre la diversidad de árboles, almacenamiento de carbono y calidad del suelo en el Bosque Atlántico del Alto Paraná, Paraguay. *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 55, no. 2, ISSN 1409-2158. DOI 10.15359/rca.55-2.2.

- 41. RÍOS CABRERA, M., et al.** 2010. Estudio exploratorio de las propiedades físicas de suelos y su relación con los deslizamientos superficiales: Cuenca del río Maracay, estado Aragua-Venezuela. *Revista Geografica Venezolana*, vol. 51, no. 2, ISSN 10121617.
- 42. SENATORE, D.,** 2020. Guía práctica de gestión ambiental. [en línea], Disponible en:
<https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2020/07/16/091a7622f0237a28745a136166605c006483f448.pdf>.
- 43. SILVA JULCA, R.C.,** 2020. Capacidad de retención del agua disponible en suelos agrícolas de acuerdo a la textura y al contenido de materia orgánica, transecto Huaura-Mazo. [en línea], Disponible en:
https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/837/Tesis_Silva_Julca%2C_Ronald_Christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- 44. SOLEDAD DUVAL, V.,** 2017. Reserva Provincial Parque Luro y Parque Nacional Lihué Calel, Provincia de la Pampa - Bahía Blanca-Argentina. ,
- 45. SOTO NAVARRETE, Lady,** 2010. *Un caso de tensiones sociales generado por las políticas ambientales: refugio de vida silvestre "Manglares el Morro"*. S.l.: s.n.
- 46. TOLEDO, G., GARGAGLIONE, V. y PERI, P.,** 2019. Abundancia de carbono en microorganismos en suelos de estepa de Santa Cruz. Su alteración en función a la disponibilidad de humedad. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, vol. 11, no. 2, ISSN 1852-4516. DOI 10.22305/ict-unpa.v11i2.787.
- 47. UNLP,** 2020. El suelo : un universo invisible . Conocer Propiedades físicas , químicas y biológicas de los Identificar el perfil de un suelo . *Matenimiento De Espacios Verdes* [en línea], Disponible en: <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/98/27598/3f23fc987dbbeda82587753c9796000a.pdf>.
- 48. USDA,** 1999. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. [en línea], ISSN 00039039. DOI 10.1007/BF01574372. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Soil_Taxonomy.pdf.
- 49. VARGAS MERCHAN, C.,** 2012. Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en Acosa, Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. [en línea], Disponible en:
http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2216/1/33TO106_VARGAS

CARLOS.pdf.

- 50. VIRACOCCHA GARCÍA, I.M.,** 2018. Cooperación Internacional Y Áreas Naturales Protegidas. El Sistema Nacional De Áreas Protegidas Del Ecuador (SNAP): Un Patrimonio Al Servicio De La Nación. *Universidad Internacional del Ecuador,*
- 51. YÉPEZ, N.D y et al. 2014.** Producción y características agronómicas de cuatro variedades de pasto de corte del género Pennisetum, en Trinidad, Bolivia. Trinidad-Bolivia : Revista Científica Agrocencias Amazonía, 2014.



ANEXOS

ANEXO A: SALIDAS DE CAMPO



Elaborado por: Alava, 2024

ANEXO B: ANÁLISIS EN LABORATORIO



Elaborado por: Alava, 2024



Elaborado por: Alava, 2024

ANEXO C: RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS EN LABORATORIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Gian Jasmay Alava Peraza

Fecha de ingreso: 15/01/2024
Fecha de salida: 03/02/2024

TEMA TIC: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE YANKAY."
CARRERA: RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PAO: OCTAVO

Ubicación: Refugio de Vida Silvestre Yankay Río Negro Parroquia Baños Cantón Tungurahua Provincia
Nombre de la granja

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident. Muest.	Textura	Estructura	% Poros	gr/cc		Color en seco		Granulometría (%)					
				DA	DR	Lectura	Interpretación	> 1.0 mm	> 0.5 mm	> 0.25 mm	> 0.20 mm	> 0.1 mm	< 0.1 mm
Unidad experimental 1	Franco arenoso	Granular	57.0	1.49	2.6	10YR4/3	Pardo grisáceo	16.20	21.83	44.23	11.28	3.08	3.38
Unidad experimental 2	Franco arenoso	Granular	58.8	1.47	2.5	10YR3/4	Amarillento oscuro	17.90	32.81	36.40	6.87	2.71	3.31
Unidad experimental 3	Franco arenoso	Granular	52.3	1.42	2.7	10YR5/2	Pardo grisáceo	3.51	17.57	27.55	32.07	11.18	8.12
Unidad experimental 4	Franco arenoso	Granular	53.6	1.34	2.5	10YR8/3	Pardo pálido	17.81	18.69	35.96	16.02	6.99	4.53
Unidad experimental 5	Franco limoso	granular	52.08	1.25	2.4	10YR4/3	Pardo oscuro	16.13	17.01	49.21	8.68	4.21	4.76
Unidad experimental 6	Franco arenoso	Granular	49.6	1.19	2.4	10YR7/1	Gris claro	24.68	25.20	29.95	14.42	4.41	1.34



Ing. Víctor Lindao PHD.
JEFE DE LAB. SUELOS





Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE



Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, P.O. Box Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Aproyando a la educación, ciencia, tecnología y amigable con la naturaleza"

Elaborado por: Alava, 2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 08 / 03 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Gian Jasmany Alava Perlaza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Recursos Naturales Renovables
Título a optar: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<p style="text-align: center;"> Ing. Vicente Javier Parra León, M.Sc. Director del Trabajo de Integración Curricular</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Edmundo Danilo Guisapí Pacheco, MSc. Asesor del Trabajo de Integración Curricular</p>